

# Pengaruh Panjang Sambungan Lewatan Kurang dari Syarat SNI-03-2847-2013 pada Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Baja Ulir Terhadap Kut Lentur

Slamet Prayitno <sup>1)</sup>, Sunarmasto <sup>2)</sup>, Henri Riyanti <sup>3)</sup>

<sup>1),2)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>3)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret  
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta  
57126 Telp: 0271-634524.  
Email : Riyantihenri@gmail.com

## Abstract

*Development of the time, the structure of building has developed very rapidly. Reinforced concrete structure is one of highly reliable structure strength of current and widely used in the construction of building.*

*Needs of lap splices should be calculated to avoid from lap splices failure. Needs of lap splices is related to tension lap splices ( $l_d$ ) which increase balance with increase of tension. Lap splices is a long which be required for expand yield stress in bar which is function from steel yield stress ( $f_y$ ), diameter of bar ( $d_b$ ), and sticky stress. Number of lap splices which use for this research is below standard from SNI 03-2847-2013. The method used a method that is carried out in a laboratory experiment UNS material. Cylindrical test specimen with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm to compress test and reinforced concrete beams with a diameter of  $80 \times 120 \times 1100$  mm, with lap splices combination a along 250 mm, 275 mm, 300 mm, and without lap splices. For this stir normal concrete use superplasticizer and bestmittel as add mixture.*

*Momen nominal from this lap splices a long the 250 mm, 275 mm, 300 mm, and without lap splices are 3.97 kNm, 4.40 kNm, 4.40 kNm. Lap splices a long 300 mm is a standard for number of lap splices. A beam without lap splices is use for reference beam. Greatest number of lap splices is a beam without lap splices is 6.30 kNm. Moment based on analysis from SNI-2847-2013 is smaller than moement based on test result, number of moment is 4.049 kNm.*

**Keywords :** *Nomal Concrete Method, Lap Splices, Flexural Strength, Momen Nominal.*

## Abstrak

Perkembangan zaman semakin maju, struktur bangunan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini dan banyak dimanfaatkan pada pembangunan.

Panjang lewatan yang dibutuhkan harus diperhitungkan untuk menghindari keruntuhan atau kegagalan sambungan. Kebutuhan panjang lewatan berhubungan dengan panjang penyaluran tegangan ( $l_d$ ) yang bertambah sesuai dengan peningkatan tegangan. Panjang penyaluran adalah panjang penambatan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan luluh pada tulangan yang merupakan fungsi tegangan luluh baja ( $f_y$ ), diameter tulangan ( $d_b$ ), dan tegangan lekat. Pada penelitian ini panjang sambungan yang akan diteliti adalah dibawah dari nilai standar yang tercantum pada SNI 03-2847-2013. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium Bahan UNS. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, dan balok beton bertulang dengan dimensi  $80 \times 120 \times 1100$ , dengan variasi panjang sambungan lewatan 250 mm, 275 mm, 300 mm, dan tanpa sambungan lewatan (utuh). Pada adukan beton normal pada penelitian ini digunakan bahan tambah *superplasticizer* dan *bestmittel*.

Nilai momen nominal untuk variasi panjang sambungan 250 mm, 275 mm, 300 mm, adalah sebesar 3,97 kNm, 4,40 kNm, 4,40 kNm. Balok beton bertulang dengan panjang sambungan lewatan 300 mm merupakan panjang sambungan standar yang disyaratkan. Balok beton bertulang tanpa sambungan (utuh) digunakan sebagai balok referensi. Nilai momen nominal terbesar terdapat pada balok beton bertulang tanpa sambungan dengan nilai momen nominal sebesar 6,30 kNm. Nilai momen berdasarkan hasil analisis yang sesuai pada persyaratan SNI-2847-2013 lebih kecil dari momen nominal hasil pengujian yaitu sebesar 4,049 kNm.

**Kata kunci :** Beton Normal, Panjang Sambungan Lewatan, Kuat Lentur, Momen Nominal.

## PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan salah satu struktur yang sangat diandalkan kekuatannya saat ini, banyak dimanfaatkan sebagai kerangka portal, balok kolom, struktur plat lantai, plat pondasi dinding geser, talud penahan tanah untuk pembangunan dan sebagainya. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$  menggunakan agregat alam yang dipecah. Sebuah titik tegangan puncak pada tulangan, suatu panjang tulangan atau pengakuran diperlukan untuk menyalurkan tegangan. Panjang penyaluran atau pengakuran diperlukan pada kedua sisi dari titik tegangan puncak tersebut. Peraturan panjang penyaluran ini tercantum pada SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Pada penelitian ini panjang sambungan yang akan diteliti adalah dibawah dari nilai standar yang tercantum pada SNI 03-2847-2013.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton Bertulang

Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja di mana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton (Jack, 2002). Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan pada berbagai kondisi lain.

### Beton Normal

Menurut SNI 03-2834-2000 beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi  $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$  menggunakan agregat alam yang dipecah.

### Bahan Tambah

Dalam pembuatan konstruksi beton, bahan tambah merupakan bahan yang dianggap penting, terutama untuk pembuatan beton di daerah yang beriklim tropis seperti di Indonesia. Bahan tambah ialah bahan selain unsure pokok beton (air, semen, agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan. Bahan tambah yang digunakan adalah *superplasticizer* dan *bestmittel*.

### Panjang Sambungan Lewatan

Panjang penyaluran adalah panjang penambatan yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan luluh pada tulangan yang merupakan fungsi tegangan luluh baja ( $f_y$ ), diameter tulangan ( $d_b$ ), dan tegangan lekat. Sebuah titik tegangan puncak pada tulangan, suatu panjang tulangan atau pengakuran diperlukan untuk menyalurkan tegangan. Panjang penyaluran atau pengakuran diperlukan pada kedua sisi dari titik tegangan puncak tersebut. Peraturan panjang penyaluran ini tercantum pada SNI 03-2847-2013 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Pada penelitian ini panjang sambungan yang akan diteliti adalah dibawah dari nilai standar yang tercantum pada SNI 03-2847-2013, Panjang sambungan lewatan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2013 dimana sambungan lewatan tulangan ulir dalam kondisi tarik merupakan sambungan Kelas B (1,3  $l_d$ ). Berdasarkan hitungan diperoleh 1,3  $l_d$  sebesar 216,48 mm atau kurang dari 300 mm, maka yang digunakan sebagai batas standar adalah 300 mm. Nilai panjang sambungan lewatan yang digunakan pada penelitian ini adalah antara 216,48 mm sampai dengan 300 mm, sehingga digunakan 250 mm, 275 mm dan 300 mm, serta balok tanpa panjang sambungan lewatan sebagai balok referensi.

### Pengujian

#### Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan hitungan :

$$f_c : \frac{P}{A} \left( \frac{N}{mm^2} \right) \quad (1)$$

dengan :

$f_c$ : Kuat tekan beton pada umur 28 hari yang didapat dari benda uji (MPa).

P: beban maksimum (N)

A: Luas penampang benda uji ( $mm^2$ )

### Kuat Lentur

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah (SNI 03-4431-1997).  $M_n$  (Momen Nominal) berdasarkan SNI-2847-2013 adalah kuat momen nominal dengan asumsi bahwa semua tulangan pada penampang yang ditinjau mencapai kuat leleh yang disyaratkan. Untuk mengetahui kuat lentur pada benda uji maka dilakukan dengan perhitungan :

$$M_n = (A_s \cdot f_y) \times (d - 0,5a) \quad (2)$$

dengan:

$$d = h - (P + \emptyset \text{ sengkang} + 0,5 \cdot \emptyset \text{ tulangan})$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

$$a_b = \beta_1 \times c_b$$

$$A_s \leq 0,75 A_{sb}$$

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium. Benda uji berupa beton normal silinder dengan ukuran 15cm x 30cm untuk pengujian kuat tekan, untuk pengujian kuat lentur menggunakan benda uji balok beton bertulang dengan dimensi 80 x 120 x 1100 mm dengan variasi panjang sambungan lewatan 250 mm, 275 mm, 300 mm, dan tanpa panjang sambungan lewatan (utuh). Pengujian dilakukan setelah umur beton 14 hari.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Agregat

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

| No | Jenis Pengujian                  | Hasil Pengujian          | Standar  | Kesimpulan      |
|----|----------------------------------|--------------------------|----------|-----------------|
| 1  | Kandungan zat organik            | Kuning Muda              | 0 - 10%  | Memenuhi syarat |
| 2  | Kandungan lumpur                 | 2 %                      | Maks 5 % | Memenuhi syarat |
| 3  | <i>Bulk specific gravity</i>     | 2,424 gr/cm <sup>3</sup> | -        | -               |
| 4  | <i>Bulk specific SSD</i>         | 2,525 gr/cm <sup>3</sup> | 2,5-2,7  | Memenuhi syarat |
| 5  | <i>Apparent specific gravity</i> | 2,697 gr/cm <sup>3</sup> | -        | -               |
| 6  | <i>Absorbtion</i>                | 4,167 %                  | -        | -               |

|   |               |       |         |                 |
|---|---------------|-------|---------|-----------------|
| 7 | Modulus Halus | 2,506 | 1,5-3,8 | Memenuhi syarat |
|---|---------------|-------|---------|-----------------|

Sumber : \*) SNI 03 – 1969 – 1990 dan SNI 03 – 2417 – 1991

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

| No | Jenis Pengujian           | Hasil Pengujian | Standar | Kesimpulan      |
|----|---------------------------|-----------------|---------|-----------------|
| 1  | Modulus Halus Butir       | 5,18            | 5 – 8   | Memenuhi syarat |
| 2  | Bulk Specific Gravity     | 2,508           | -       | -               |
| 3  | Bulk Specific Gravity SSD | 2,660           | -       | -               |
| 4  | Apparent Specific Gravity | 2,956           | -       | -               |
| 5  | Absorbtion                | 6,033           | -       | -               |
| 6  | Abrasi                    | 44 %            | 50 %    | Memenuhi syarat |

### Hasil Hitungan Rancang Campur Adukan Beton Normal

Hitungan rancang campuran adukan beton dilakukan dengan persyaratan SNI-03-2834-2000. Dari hitungan tersebut didapat kebutuhan bahan per 1 m<sup>3</sup> yaitu :

- Semen = 599,359 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat kasar (batu pecah) = 799,009 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat halus (pasir) = 576,222 kg/m<sup>3</sup>
- Air = 233,750 kg/m<sup>3</sup>

Jumlah Total = 2208,340 kg/m<sup>3</sup>

Tabel 3. Kebutuhan Bahan untuk Tiap Sampel

| No | Jenis Agregat         | Silinder | Balok | Satuan |
|----|-----------------------|----------|-------|--------|
| 1  | Semen                 | 3,177    | 6,329 | kg     |
| 2  | Agregat Kasar         | 4,236    | 8,438 | kg     |
| 3  | Agregat Halus (Pasir) | 3,055    | 6,085 | kg     |
| 4  | Air – 20% Air         | 0,991    | 1,975 | kg     |

### Hasil Pengujian dan Pembahasan Kuat Tekan

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan

| No.       | Kode Benda Uji | Luas (mm <sup>2</sup> ) | P maks (N) | fc' (MPa) |
|-----------|----------------|-------------------------|------------|-----------|
| 1         | SL-1           | 17671,46                | 380000     | 21,5036   |
| 2         | SL-2           | 17671,46                | 475000     | 26,8795   |
| 3         | SL-3           | 17671,46                | 480000     | 27,1624   |
| 4         | SL-4           | 17671,46                | 400000     | 22,6354   |
| Rata-Rata |                |                         |            | 24,5452   |

Berdasarkan hitungan kuat tekan diatas diperoleh kuat tekan rata-rata sebesar 24,545 N/mm<sup>2</sup>. Beton normal mempunyai nilai kuat tekan antara 17,5 – 40,0 MPa, sehingga kuat tekan beton tersebut memenuhi syarat sebagai beton normal.

### Hasil Pengujian Kuat Lentur dan Pembahasan Kuat Lentur Analisis Kuat Lentur Berdasarkan SNI-2847-2013

Mn (Momen Nominal) berdasarkan SNI-2847-2013 adalah kuat momen nominal dengan asumsi bahwa semua tulangan pada penampang yang ditinjau mencapai kuat leleh yang disyaratkan.

Data:

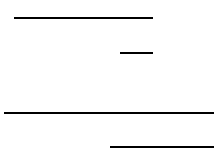
|            |   |         |     |
|------------|---|---------|-----|
| b          | = | 80      | mm  |
| h          | = | 120     | mm  |
| Ø tulangan | = | 10      | mm  |
| Ø sengkang | = | 8       | mm  |
| fc'        | = | 24,545  | MPa |
| fy         | = | 357,144 | MPa |
| E          | = | 200000  | MPa |

Hitungan Mn

$$d = h - (P + \text{Ø sengkang} + 0,5 \cdot \text{Ø tulangan})$$

$$= 120 - (20 + 8 + 0,5 \cdot 10) = 89 \text{ mm}$$

$$As = \frac{1}{4} \cdot \dots = 157 \text{ mm}^2$$



$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } fc' \leq 30 \text{ MPa}$$

$$ab = \beta_1 \cdot cb$$

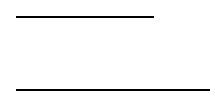
$$= 0,85 \cdot 55,79 = 47,42 \text{ mm}$$



Syarat

$$As \leq 0,75 Asb$$

$$157 \leq 166,216 \text{ (OK)}$$



$$Mn = (As \cdot fy) \cdot (d - 0,5a)$$

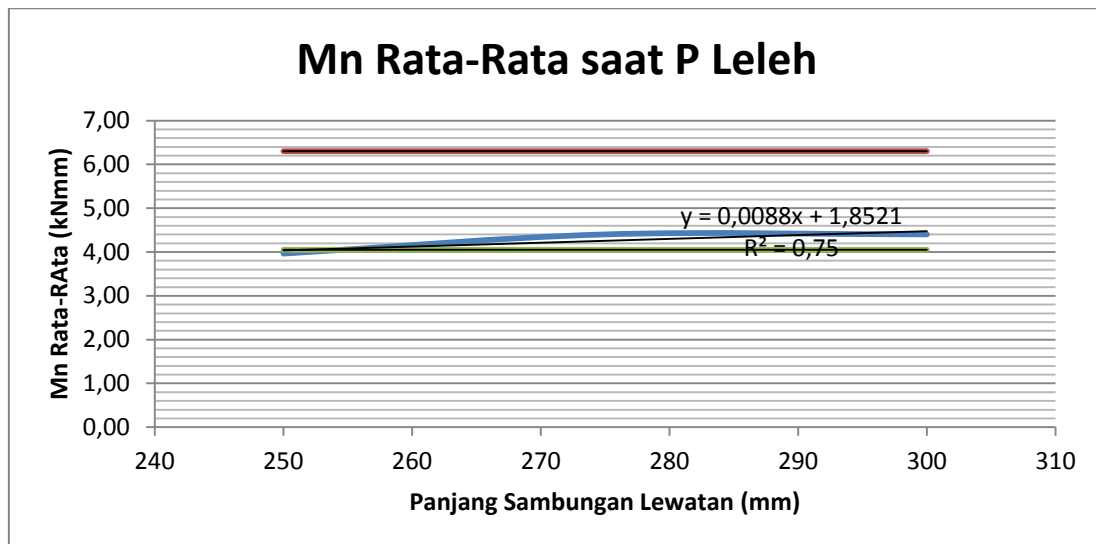
$$= (157 \cdot 357,144) \cdot (89 - 0,5 \cdot 33,59) = 4048518,049 \text{ Nmm} = 4,0485 \text{ kNm}$$

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Balok

| Kode Benda Uji | Beban Saat Leleh (kN) | Beban Saat Retak Pertama (kN) | Lendutan saat Retak Pertama (mm) x 0,001" | P maks (kN) | Lendutan saat P maks (mm) x 0,001" | Posisi Runtuh  |
|----------------|-----------------------|-------------------------------|---|-------------|------------------------------------|----------------|
| Dutuh-1        | 37,5                  | 30                            | 245                                       | 50          | 360                                | Tengah Bentang |
| Dutuh-2        | 40                    | 32,5                          | 210                                       | 52,5        | 310                                | Tengah Bentang |
| Dutuh-3        | 37,5                  | 32,5                          | 230                                       | 47,5        | 330                                | Tengah Bentang |
| D300-1         | 25                    | 17,5                          | 210                                       | 37,5        | 410                                | Tengah Bentang |
| D300-2         | 25                    | 17,5                          | 350                                       | 32,5        | 625                                | Tengah Bentang |
| D300-3         | 25                    | 17,5                          | 175                                       | 35          | 460                                | Tengah Bentang |
| D275-1         | 25                    | 17,5                          | 75  | 32,5        | 220                                | Tengah Bentang |
| D275-2         | 27,5                  | 17,5                          | 97  | 35          | 467                                | Tengah Bentang |
| D275-3         | 22,5                  | 17,5                          | 250                                       | 35          | 740                                | Tengah Bentang |
| D250-1         | 25                    | 15                            | 125                                       | 32,5        | 390                                | Tengah Bentang |
| D250-2         | 25                    | 15                            | 220                                       | 32,5        | 375                                | Tengah Bentang |
| D250-3         | 17,5                  | 10                            | 94  | 32,5        | 392                                | Tengah Bentang |

Tabel 6. Hasil Hitungan Momen Nominal Pengujian Kuat Lentur Saat Pleleh

| Kode Benda Uji | Beban Saat Leleh (kN) | Rav (kN) | Mn (kNm) | Mn Rata-Rata (kNm) |
|----------------|-----------------------|----------|----------|--------------------|
| Dutuh-1        | 37,5                  | 18,8666  | 6,59165  | 6,30               |
| Dutuh-2        | 40,0                  | 16,3666  | 5,71665  |                    |
| Dutuh-3        | 37,5                  | 18,8666  | 6,59165  |                    |
| D300-1         | 25,0                  | 12,6166  | 4,40415  | 4,4042             |
| D300-2         | 25,0                  | 12,6166  | 4,40415  |                    |
| D300-3         | 25,0                  | 12,6166  | 4,40415  |                    |
| D275-1         | 25,0                  | 12,6166  | 4,40415  | 4,40415            |
| D275-2         | 27,5                  | 13,8666  | 4,84165  |                    |
| D275-3         | 22,5                  | 11,3666  | 3,96665  |                    |
| D250-1         | 25,0                  | 12,6166  | 4,40415  | 3,967              |
| D250-2         | 25,0                  | 12,6166  | 4,40415  |                    |
| D250-3         | 17,5                  | 8,8666   | 3,09165  |                    |



Keterangan:

- : Momen Nominal Analisis Variasi Panjang Sambungan Lewatan Pada Posisi Lentur Maksimum (Tengah Bentang).
- : Momen Nominal Pengujian dengan Variasi Panjang Sambungan Lewatan.
- : Momen Nominal Pengujian Tanpa Sambungan Lewatan.

Grafik Hubungan Antara Panjang Sambungan Lewatan dan Nilai Mn Saat P leleh

Nilai  $P_{leleh}$  diperoleh dari besar pembebanan yang terjadi ( $P$ ) saat terjadi regangan awal setelah retak pertama yang ditandai oleh perubahan sudut kemiringan pada grafik hubungan antara pembebanan dengan lendutan (Lampiran B). Hitungan momen pada saat  $P$  retak pertama adalah besarnya lendutan seketika akibat pembebanan pada balok ( $M_{cr}$ ). Hitungan momen nominal saat terjadi lendutan seketika adalah sebagai berikut.

#### Rumus $M_{cr}$

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}$$

$$f_r = 0,62 \lambda$$

dengan:

$M_{cr}$  = momen saat terjadi lendutan seketika (momen retak).

$f_r$  = modulus hancur (*rupture*).

$I_g$  = momen inersia penampang.

$y_t$  = jarak dari sumbu pusat penampang sampai ke tepi.

$\lambda$  = faktor modifikasi.

#### Hitungan $M_{cr}$

$$f_r = 0,62 \lambda$$

$$= 0,62 \cdot 5,037 = 3,0712 \text{ MPa}$$

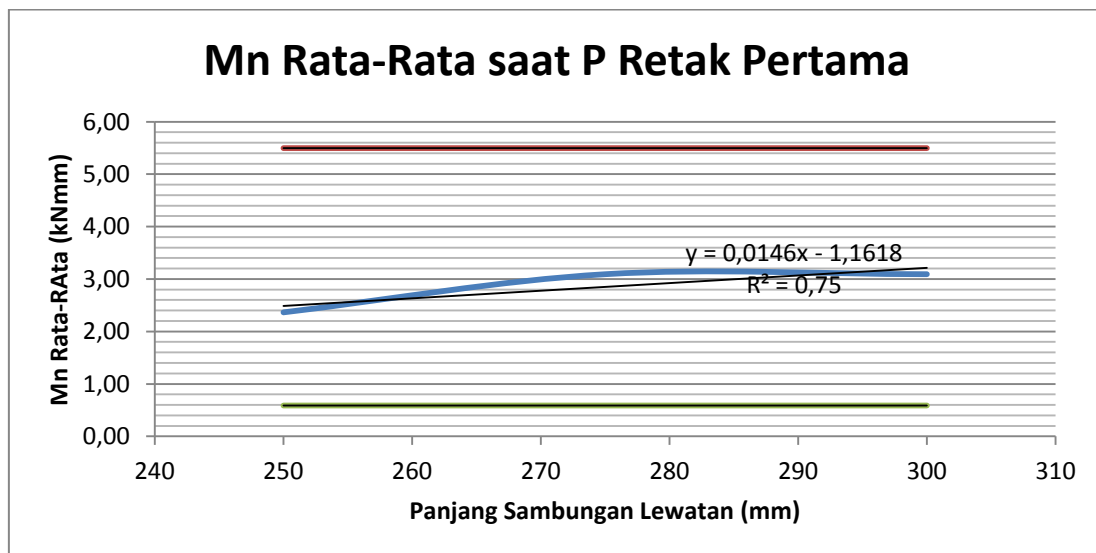
$M_{cr} = \text{---}$

Hitungan momen pada saat P retak pertama hasil pengujian pada setiap balok benda uji dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Hitungan Momen Pengujian Kuat Lentur Saat P Retak Pertama

| Kode Benda Uji | Beban Saat P Retak Pertama (kN) | Rav (kN) | Mn (kNm) | Mn Rata-Rata (kNm) |
|----------------|---------------------------------|----------|----------|--------------------|
| Dutih-1        | 30,0                            | 15,1166  | 5,27915  |                    |
| Dutih-2        | 32,5                            | 16,3666  | 5,71665  | 5,5000             |
| Dutih-3*       | 20,0                            | 10,1166  | 3,52915  |                    |
| D300-1         | 17,5                            | 8,8666   | 3,09165  |                    |
| D300-2         | 17,5                            | 8,8666   | 3,09165  | 3,09165            |
| D300-3         | 17,5                            | 8,8666   | 3,09165  |                    |
| D275-1         | 17,5                            | 8,8666   | 3,09165  |                    |
| D275-2         | 17,5                            | 8,8666   | 3,09165  | 3,09165            |
| D275-3         | 17,5                            | 8,8666   | 3,09165  |                    |
| D250-1         | 15,0                            | 7,6166   | 2,65415  |                    |
| D250-2         | 15,0                            | 7,6166   | 2,65415  | 2,65415            |
| D250-3*        | 10,0                            | 5,1166   | 1,77915  |                    |

Dari hasil hitungan nilai Mn diatas maka dapat dibuat grafik hubungan antara panjang sambungan lewatan dengan nilai Mn.



Keterangan:

- : Momen *Crack* Analisis Tanpa Panjang Sambungan Lewatan.
- : Momen *Crack* Pengujian dengan Variasi Panjang Sambungan Lewatan.



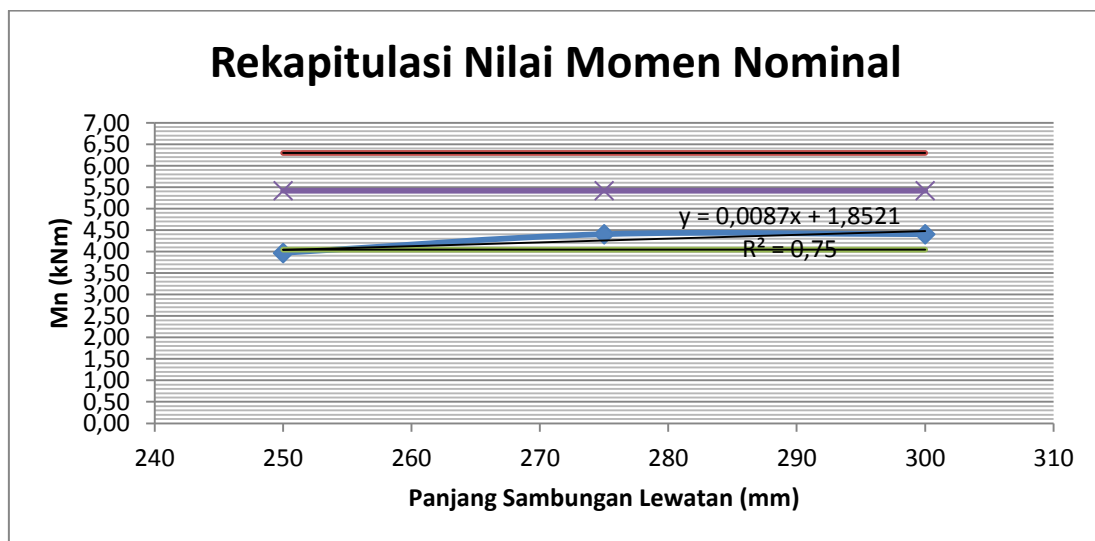
— : Momen *Crack* Pengujian Tanpa Sambungan Lewatan.

Grafik Hubungan Antara Panjang Sambungan Lewatan dengan Nilai  $M_{cr}$

Nilai  $P$  retak pertama diperoleh dari besar pembebanan yang terjadi ( $P$ ) saat terjadi regangan pada saat retak pertama yang ditandai oleh terjadinya retak pertama pada balok benda uji pada grafik hubungan antara pembebanan dengan lendutan (Lampiran B). Berdasarkan hitungan momen nominal ( $M_n$ ) dari hasil pengujian dan analisis, maka dapat dibuat tabel rekapitulasi nilai  $M_n$ .

**Tabel 8.** Rekapitulasi Momen Nominal ( $M_n$ )

| No | Panjang Sambungan Lewatan (mm) | Keterangan      | Nilai Momen Nominal (kNm) |
|----|--------------------------------|-----------------|---------------------------|
| 1  | 250                            | Hasil Pengujian | 3,9700                    |
| 2  | 275                            | Hasil Pengujian | 4,4042                    |
| 3  | 300                            | Hasil Pengujian | 4,4041                    |
| 4  | Utuh                           | Hasil Analisis  | 4,0496                    |
| 5  | Semua Variasi Panjang Lewatan  | Hasil Analisis  | 5,4200                    |
| 6  | Utuh                           | Hasil Pengujian | 6,3000                    |



Keterangan:

- : Momen Nominal Analisis Tanpa Panjang Sambungan Lewatan.
- : Momen Nominal Analisis dengan Variasi Panjang Sambungan Lewatan.
- : Momen Nominal Pengujian dengan Variasi Panjang Sambungan Lewatan.
- : Momen Nominal Pengujian Tanpa Sambungan Lewatan.

Grafik Perbandingan Nilai Momen Nominal ( $M_n$ )

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil rekapitulasi hitungan momen nominal pada Tabel 4.14. dan grafik pada Gambar 4.7. nilai momen nominal untuk variasi panjang sambungan 250 mm, 275 mm, 300 mm, adalah sebesar 3,97 kNm, 4,40 kNm, 4,40 kNm. Balok beton bertulang dengan panjang sambungan lewatan 300 mm merupakan panjang sambungan standar yang disyaratkan. Balok beton bertulang tanpa sambungan (utuh) digunakan sebagai balok referensi. Nilai momen nominal terbesar terdapat pada balok beton bertulang tanpa sambungan dengan nilai momen nominal sebesar 6,30 kNm. Nilai momen berdasarkan hasil analisis yang sesuai pada persyaratan SNI-2847-2013 lebih kecil dari momen nominal hasil pengujian yaitu sebesar 4,049 kNm dan untuk momen nominal analisis pada balok dengan sambungan lewatan (pada tengah bentang) adalah sebesar 5,42 kNm.
2. Hasil pengujian kuat lentur balok didapatkan pola retak pada benda uji yang berada pada daerah tengah bentang sepanjang sepertiga panjang bentang. Pengujian pada balok uji menghasilkan pola retak yang hampir seragam yang terjadi pada bagian tengah bentang, sehingga dapat dikatakan pula retak yang terjadi merupakan retak lentur. Pola retak yang terjadi berdasarkan pengamatan saat pengujian, dimulai dari bagian bawah balok pada daerah tarik. Peningkatan beban aksial yang terjadi saat pembebanan menyebabkan peningkatan nilai lendutan dan juga retakan yang terjadi bertambah panjang. Penambahan retakan tersebut terjadi disepanjang badan balok. Retakan yang terjadi merupakan retak lentur karena arah retak tegak lurus sumbu balok dan juga terjadi pada tengah bentang. Retakan terjadi akibat beban yang bekerja di atas balok bertambah besar, sehingga tegangan tarik pada beton melampaui kekuatan tarik beton yang menimbulkan retakan di bagian yang tertarik dan retakan akan menyebar hingga ke atas.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesaikannya penyusunan penelitian ini berkat dukungan dan doa dari orang tua, untuk itu kami ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ir. Slamet Prayitno, MT dan Ir. Sunarmasto, MT selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berperan dalam mewujudkan penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung khususnya mahasiswa sipil UNS 2013.

## REFERENSI

Anonim, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*, Departemen Pekerjaan Umum Ditjen Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Anonim, 1997, *Peraturan Beton Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan LPMB, Bandung.

Anonim, SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.

Hernandho Fandhi. 2014, *Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi dengan Penambahan Superplasticizer dan Penggantian Semen dan Fly Ash* : Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Mario. 2015, *Pengaruh Penambahan Serat Bendorat dan Fly Ash dengan Bahan Tambah Bestmittel pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Uji Lentur* : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

McCormac Jack C, 2012. *Desain Beton Bertulang Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta

SNI 03-2847-2013, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, ITS Press, Surabaya.

Tjokrodimulyo Kardiono 1996, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.