

PENGARUH PANJANG SAMBUNGAN LEWATAN LEBIH DARI SYARAT SNI-2847-2013 TERHADAP KUAT LENTUR PADA BALOK BETON BERTULANG TULANGAN BAJA ULIR

Slamet Prayitno¹⁾, Sunarmasto²⁾, Hening Agustya³⁾

^{1), 2)} Pengajar Fakultas Teknik, S1 Non Reguler Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, S1 Non Reguler Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126 ; Telp. 0271-634524 ; E-mail hening.agustya@yahoo.com

Abstract

Reinforced concrete structure is a composite material consisting of concrete and reinforcing bar embedded in concrete. Reinforced concrete has a longitudinal reinforcement functioning withstand a tensile force. Structural elements that make the long and continuous reinforcement are installed require grafting. The purpose of this research was to determine the influence of lap-splices bar in reinforced concrete beams with normal concrete quality of flexural strength. The research used an experimental method with a length variation used 300 mm, 325 mm and 350 mm. This research use model of beam reinforced concrete with the beam dimension is 80 mm × 120 mm long at the beam 1100 mm. The machine used in the flexural strength testing is Bending Testing Machine in the laboratory materials Sebelas Maret University, Surakarta. The result of research is the bending moment greater than the required moment, so the bending moment eligible to use lap splices. The longer of the lap splices on a reinforced concrete beam, the greater the bending moment which can be held by the reinforced concrete beams. Crack patterns that occurs is flexural crack. Axial load increases that occur when loading led to an increase in the value of deflection and also increased the length of cracks occurring.

Keywords : Crack Patterns, Deflection, Flexural Strength, Lap-Splices, Reinforced Concrete Beam.

Abstrak

Struktur beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri dari beton dan baja tulangan yang ditanam di dalam beton. Beton bertulang memiliki tulangan memanjang sebagai penulangan lentur yang berfungsi menahan gaya tarik yang bekerja. Elemen struktur yang panjang dan menerus membuat tulangan yang dipasang memerlukan penyambungan sesuai panjang yang direncanakan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh panjang sambungan lewatan terhadap kuat lentur pada balok beton bertulang tulangan baja ulir. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi panjang sambungan lewatan yang digunakan adalah 300 mm, 325 mm dan 350 mm. Benda uji yang digunakan merupakan balok beton bertulang dengan lebar 80 mm, tinggi 120 mm dan panjang 1100 mm. Alat yang digunakan dalam pengujian kuat lentur adalah *Bending Testing Machine* yang ada di laboratorium bahan Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Hasil pengujian dalam penelitian ini adalah momen lentur yang terjadi lebih besar dari momen lentur yang disyaratkan, sehingga momen lentur hasil pengujian telah memenuhi syarat dengan menggunakan sambungan lewatan. Semakin panjang sambungan lewatan pada balok beton bertulang, maka semakin besar momen lentur yang dapat ditahan oleh balok beton bertulang tersebut. Pola retak yang terjadi merupakan retak lentur. Peningkatan beban aksial yang terjadi saat pembebanan menyebabkan peningkatan nilai lendutan dan pertambahan panjang retakan.

Kata Kunci : Pola Retak, Lendutan, Kuat Lentur, Sambungan Lewatan. Balok Beton Bertulang,

PENDAHULUAN

Struktur beton bertulang merupakan material komposit yang terdiri dari beton dan baja tulangan yang ditanam di dalam beton. Beton memiliki sifat yang mampu menahan kuat desak tetapi lemah menahan gaya tarik. Baja tulangan di dalam beton memiliki tulangan memanjang sebagai penulangan lentur yang berfungsi menahan gaya tarik yang bekerja. Elemen struktur yang panjang dan menerus membuat tulangan yang dipasang memerlukan penyambungan sesuai panjang yang direncanakan. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh panjang sambungan lewatan tulangan pada balok beton bertulang dengan mutu beton normal terhadap kuat lentur. Penelitian ini menggunakan beton normal dengan kuat tekan rencana (f_c') sebesar 20 MPa. Campuran beton menggunakan bahan tambah *superplasticizer* untuk membantu meningkatkan *workability* bahan dan *bestmittel* untuk membantu mempercepat proses pembebanan.

Menurut Lancelot (1985), penyambungan tulangan dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu sambungan lewatan (*lap splices*), sambungan las (*welded splices*), dan sambungan mekanis (*mechanical connections*). Menurut Dipohusodo (1994) sambungan lewatan merupakan sambungan yang paling ekonomis. Sambungan lewatan (*splice*) dapat dibuat dengan cara membuat *overlap* tulangan yang saling bersentuhan ataupun terpisah (Wang dan Salmon, 1993). Berdasarkan SNI-2847-2013 sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada batang-batang tulangan yang lebih besar dari D-36, kecuali pada sambungan batang ulir dalam kondisi tekan dan tulangan tekan fondasi telapak.

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 leleh pada tulangan yang merupakan fungsi dari tegangan leleh baja (f_y), diameter tulangan (d_b), dan tegangan lekat (Dipohusodo, 1994).

Panjang penyaluran (*development length*) adalah panjang tulangan tertanam, termasuk *strand* pratarik, yang diperlukan untuk mengembangkan kekuatan desain tulangan pada penampang kritis (SNI-2847-2013). Sambungan batang tulangan dan kawat ulir dalam kondisi tarik mempertimbangkan nilai l_d . Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan Kelas A atau B, tetapi tidak kurang dari 300 mm. Sambungan Kelas A sama dengan $1,0 l_d$ dan sambungan Kelas B sama dengan $1,3 l_d$. Nilai l_d dihitung sesuai dengan pasal 12.2 SNI-2847-2013 untuk mengembangkan nilai f_y , tetapi tanpa minimum 300 mm dari pasal 12.2.1 SNI-2847-2013 dan tanpa faktor modifikasi dari pasal 12.2.5 SNI-2847-2013.

Sambungan lewatan tulangan ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik merupakan sambungan Kelas B kecuali sambungan Kelas A diperbolehkan bilamana luas tulangan yang disediakan paling sedikit dua kali yang diperlukan oleh analisis sepanjang panjang keseluruhan sambungan dan setengah atau kurang tulangan total disambung dalam panjang lewatan yang disyaratkan sesuai dengan SNI-2847-2013.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dalam perancangan beton bertulang dengan variasi panjang sambungan lewatan yang diteliti. Pada tahapan awal, dilakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat benda uji balok beton bertulang dengan beton mutu normal. Setelah pengujian bahan yang dilakukan memenuhi standar persyaratan, dilanjutkan dengan membuat benda uji balok beton bertulang dengan variasi panjang sambungan lewatan di setiap benda uji.

Benda uji balok beton bertulang akan di uji kuat lentur sebagai pengaruh dari panjang sambungan lewatan yang digunakan. Pengujian lentur ini menggunakan benda uji balok beton bertulang dengan dimensi balok $80 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \times 1100 \text{ mm}$ dengan variasi panjang sambungan lewatan 300 mm, 325 mm dan 350 mm berjumlah 3 sampel setiap panjang sambungan dan 3 sampel balok beton bertulang tanpa sambungan sebagai balok referensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Pengujian Kuat Tarik Tulangan Baja Ulir.

Pengujian kuat tarik tulangan baja dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Hasil pengujian diperoleh data kuat tarik pada kondisi leleh (P_{leleh}) dan maksimum (P_{maks}). Berdasarkan hasil hitungan data pengujian diperoleh tegangan leleh (f_y) untuk baja tulangan ulir diameter 10 mm sebesar 357,144 MPa.

Pengujian Kuat Tekan Beton Normal.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM). Pengujian kuat tekan beton pada benda uji silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur beton saat pengujian adalah 14 hari diperoleh beban maksimum (P_{maks}). Berdasarkan hasil hitungan data pengujian diperoleh kuat tekan (f'_c) beton normal sebesar 24,545 MPa. Beton normal mempunyai nilai kuat tekan antara 17,5 – 40,0 MPa, sehingga kuat tekan beton tersebut memenuhi telah syarat.

Pengujian Kuat Lentur Balok Bertulang.

Pengujian kuat lentur balok bertulang dilakukan dengan menggunakan alat *Bending Testing Machine* (BTM). Hasil dari pengujian berupa data yang meliputi nilai beban pada saat benda uji retak pertama, beban saat leleh dan beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji, lendutan saat retak pertama, lendutan saat leleh dan lendutan maksimum seperti Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Lentur Balok

Kode Benda Uji	Beban saat Leleh (kN)	Beban saat Retak Pertama (kN)	Lendutan saat Retak Pertama ($\times 0,001''$) (mm)	P_{maks} (kN)	Lendutan saat Beban Maksimum ($\times 0,001''$) (mm)	Posisi Runtuh
U300 – 1	10,0	15,0	210	37,5	510	Tengah Bentang
U300 – 2	17,5	17,5	350	32,5	625	Tengah Bentang
U300 – 3	12,5	12,5	175	35,0	490	Tengah Bentang

Lanjutan Tabel 1.

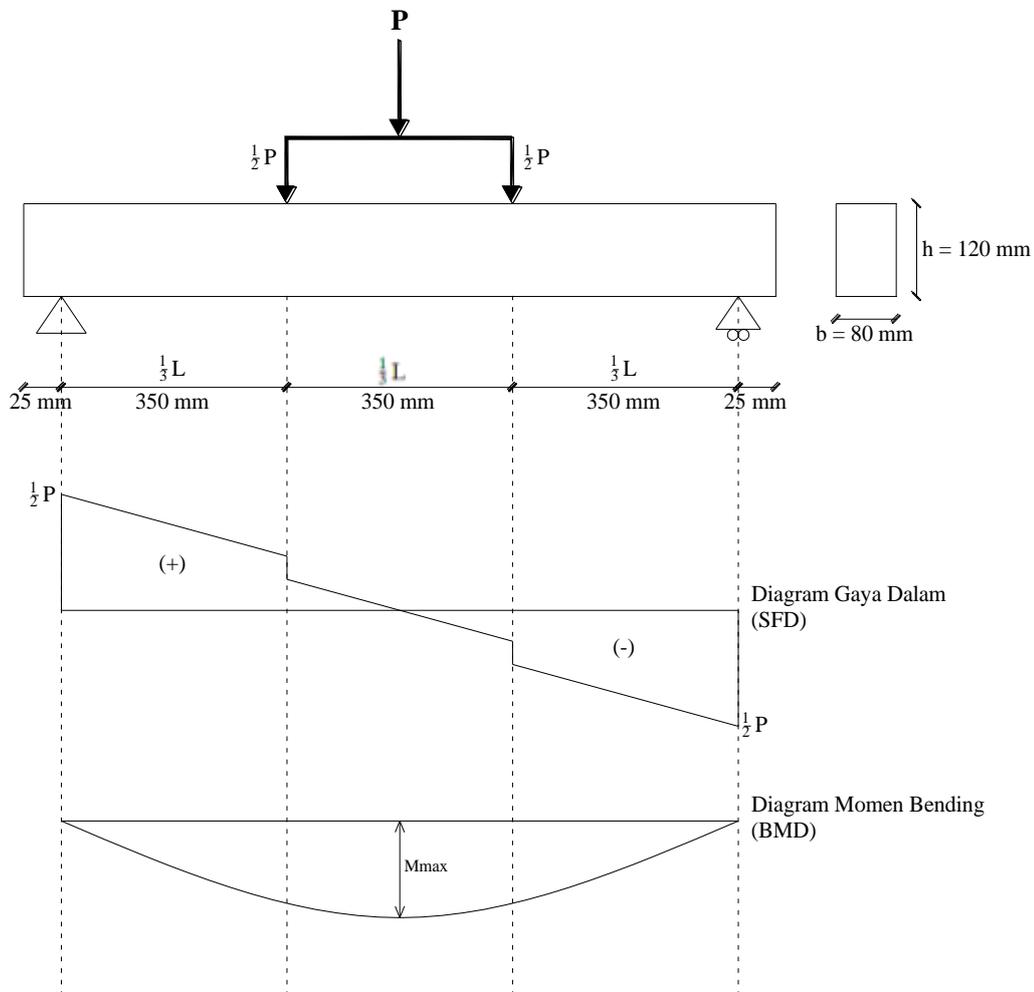
Kode Benda Uji	Beban saat Leleh (kN)	Beban saat Retak Pertama (kN)	Lendutan saat Retak Pertama ($\times 0,001''$) (mm)	Pmaks (kN)	Lendutan saat Beban Maksimum ($\times 0,001''$) (mm)	Posisi Runtuh
U325 - 1	17,5	17,5	190	42,5	460	Tengah Bentang
U325 - 2	7,5	15,0	290	37,5	510	Tengah Bentang
U325 - 3	17,5	17,5	250	40,0	485	Tengah Bentang
U350 - 1	22,5	22,5	270	42,5	530	Tengah Bentang
U350 - 2	20,0	20,0	165	40,0	360	Tengah Bentang
U350 - 3	22,5	22,5	255	42,5	475	Tengah Bentang
UU - 1	30,0	30,0	245	50,0	360	Tengah Bentang
UU - 2	32,5	32,5	210	52,5	310	Tengah Bentang
UU - 3	37,5	32,5	230	47,5	330	Tengah Bentang

Sumber : Hasil Penelitian

Pembahasan

1) Analisis Kuat Lentur Berdasarkan Hasil Penelitian.

Hitungan momen nominal hasil pengujian ini menggunakan konsep statika dimana *simple beam* dibebani dengan beban merata q dan beban terpusat sebesar $\frac{1}{2} P$ pada tengah bentang yang berjarak sepertiga panjang bentang seperti Gambar 1. Hitungan tersebut dapat mengetahui momen maksimal yang terjadi. Beban yang digunakan dalam hitungan momen nominal adalah beban saat beton mengalami leleh (P_{leleh}). Nilai P_{leleh} diperoleh dari besar pembebanan yang terjadi (P) saat terjadi regangan awal setelah retak pertama.



Gambar 1. Perletakan dan Pembebanan Balok Benda Uji Kuat Lentur (SNI-4431-2011).

Reaksi Tumpuan :

Panjang bentang, $L = 1050$ mm, maka nilai reaksi perletakan dan momen diperoleh dengan hitungan berikut.

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_{AV} \cdot 1050 - \frac{1}{2} P \cdot 700 - \frac{1}{2} P \cdot 350 - \frac{1}{2} q \cdot 1050^2 = 0$$

$$1050 R_{AV} - \frac{1}{2} P \cdot (700 + 350) - \frac{1}{2} q \cdot 1050^2 = 0$$

$$R_{AV} = \frac{\frac{1}{2} P \cdot 1050 + \frac{1}{2} q \cdot 1050^2}{1050}$$

$$R_{BV} = R_{AV} = \frac{\frac{1}{2} P \cdot 1050 + \frac{1}{2} q \cdot 1050^2}{1050}$$

Momen :

Momen maksimum sama dengan momen nominal. Hitungan momen maksimum yang terjadi di tengah bentang diperoleh dengan hitungan berikut.

$$M_{max} = R_{AV} \cdot 525 - \frac{1}{2} P \cdot 175 - \frac{1}{2} q \cdot 550^2$$

$$M_{max} = M_n \text{ (Momen Nominal)}$$

Hitungan momen nominal benda uji U300 1, hasil pengujian sebagai berikut.

$$\text{Lebar penampang beton, } b = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi penampang beton, } h = 0,12 \text{ m}$$

$$\text{Berat sendiri beton} = 2277,684 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Beban pada saat leleh, } P_{leleh} = 22,5 \text{ kN} = 22500 \text{ N}$$

$$\text{Beban merata, } q = 0,08 \times 0,12 \times 2277,684$$

$$= 21,87 \text{ kg/m}$$

$$= 0,2187 \text{ N/mm}$$

$$\text{Reaksi tumpuan, } R_{AV} = \frac{\frac{1}{2} P \cdot 1050 + \frac{1}{2} q \cdot 1050^2}{1050}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 22500 \cdot 1050 + \frac{1}{2} \cdot 0,2187 \cdot 1050^2}{1050}$$

$$= 11364,8 \text{ N}$$

$$= 11,3648 \text{ kN}$$

$$\text{Momen nominal, } M_n = R_{AV} \cdot 525 - \frac{1}{2} P \cdot 175 - \frac{1}{2} q \cdot 550^2$$

$$= 11364,8 \cdot 525 - \frac{1}{2} \cdot 10000 \cdot 175 - \frac{1}{2} \cdot 0,2187 \cdot 550^2$$

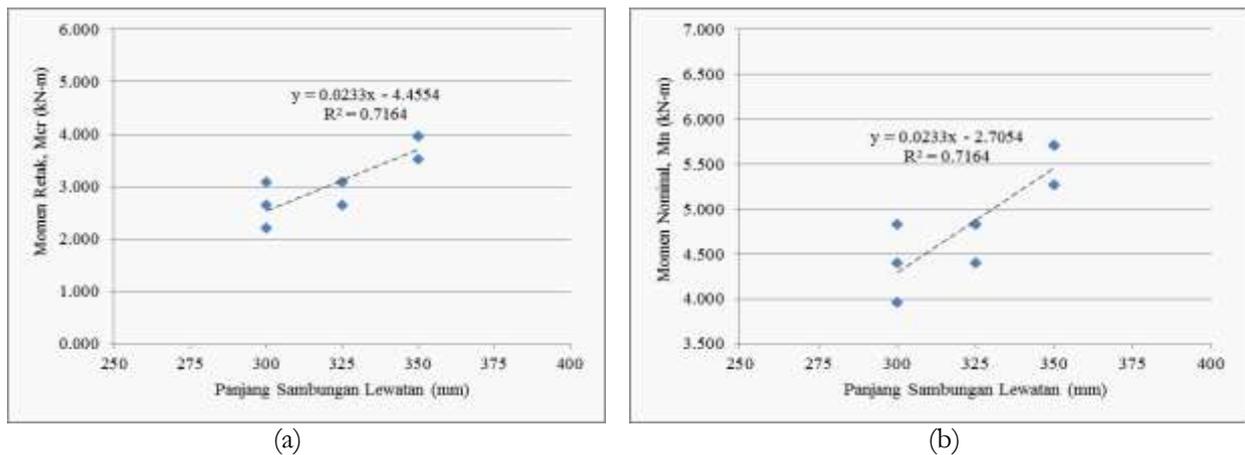
$$= 3954370,438 \text{ Nmm}$$

$$= 3,954 \text{ kN-m}$$

Hitungan momen nominal hasil pengujian pada setiap balok benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Hitungan Momen Nominal Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Benda Uji	P_{leleh} (kN)	Reaksi Tumpuan, R_{AV} (kN)	Momen Nominal, M_n (kN-m)	M_n Rata-rata (kN-m)
U300 – 1	22,5	11,365	3,954	
U300 – 2	27,5	13,865	4,829	4,392
U300 – 3	25,0	12,615	4,392	
U325 – 1	27,5	13,865	4,829	
U325 – 2	25,0	12,615	4,392	4,684
U325 – 3	27,5	13,865	4,829	
U350 – 1	32,5	16,365	5,704	
U350 – 2	30,0	15,115	5,267	5,559
U350 – 3	32,5	16,365	5,704	
UU – 1	37,5	18,865	6,579	
UU – 2	42,5	21,365	7,454	7,017
UU – 3	40,0	20,115	7,017	



Gambar 2. (a) Grafik Momen Retak (M_{cr}) Hasil Pengujian
(b) Grafik Momen Nominal (M_n) Hasil Pengujian

2) Analisis Kuat Lentur Berdasarkan SNI-2847-2013.

Pembebanan yang dialami balok beton bertulang semakin lama semakin meningkat hingga melampaui modulus keruntuhan balok. Hal tersebut mengakibatkan retak mulai terjadi pada bagian bawah balok. Momen pada saat retak ini terbentuk dan disebut sebagai momen retak (M_{cr}). Hasil hitungan momen retak menurut SNI-2847-2013 adalah sebesar 0,666 kN-m.

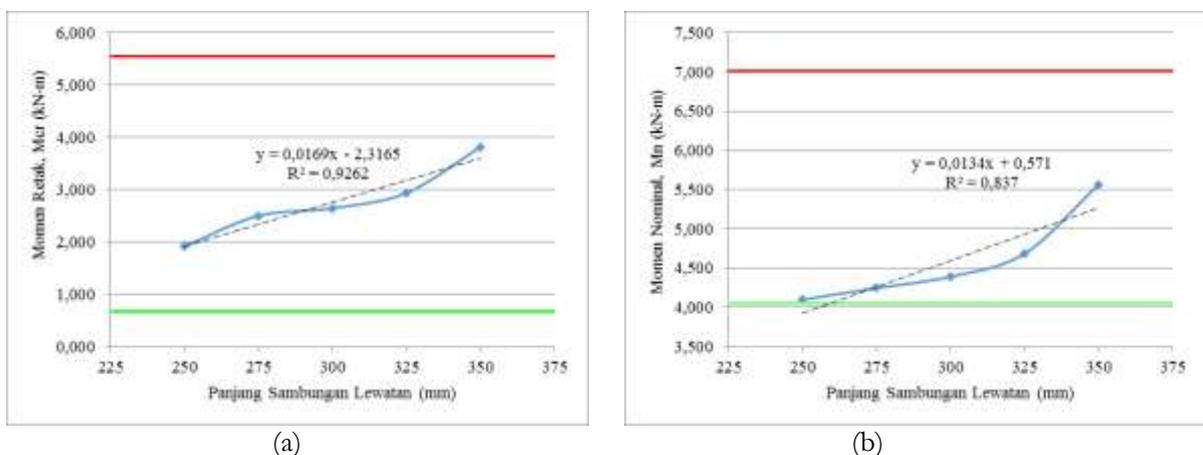
Pembebanan yang semakin meningkat yang diterima oleh balok mengakibatkan tegangan tulangan tarik semakin naik hingga mencapai titik leleh sebelum beton pada sisi tekan balok hancur. Kondisi tersebut berarti semua tulangan pada penampang yang ditinjau mencapai kuat leleh yang disyaratkan sehingga terjadi momen nominal (M_n). Hasil hitungan momen nominal yang terjadi pada balok lentur berdasarkan distribusi regangan dan tegangan lentur pada balok beton menurut SNI-2847-2013 adalah sebesar 4,050 kN-m.

Rekapitulasi hasil hitungan momen retak dan momen nominal dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Hitungan Momen Retak dan Momen Nominal Balok.

No.	Panjang Sambungan Lewatan (mm)	Momen Retak, M_{cr} (kN-m)	Momen Nominal, M_n (kN-m)	Keterangan	Simbol
1	250 mm	1,913	4,110	Hasil pengujian*	—
2	275 mm	2,496	4,246	Hasil pengujian*	—
3	300 mm	2,642	4,392	Hasil pengujian	—
4	325 mm	2,934	4,684	Hasil pengujian	—
5	350 mm	3,809	5,559	Hasil pengujian	—
6	Tanpa sambungan lewatan	5,559	7,026	Hasil pengujian	—
7	Tanpa sambungan lewatan	0,666	4,050	Hasil analisis	—

Keterangan : (*) hasil pengujian yang diperoleh dari data sekunder.



Gambar 3. (a) Grafik Perbandingan Nilai Momen pada Saat Retak Pertama.

(b) Grafik Perbandingan Nilai Momen Nominal.

Hasil hitungan momen retak dan momen nominal pada penelitian ini mempunyai nilai lebih besar dari pada hasil hitungan analisis. Hasil rekapitulasi hitungan momen nominal pada Tabel 3. dan grafik pada Gambar 3., nilai momen nominal untuk variasi panjang sambungan 250 mm, 275 mm, 300 mm, 325 mm dan 350 mm adalah sebesar 4,110 kN-m, 4,246 kN-m, 4,392 kN-m, 4,684 kN-m dan 5,559 kN-m. 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 7,026 kN-m. Nilai momen berdasarkan hasil analisis yang sesuai pada persyaratan SNI-2847-2013 lebih kecil dari momen nominal hasil pengujian yaitu sebesar 4,050 kN-m.

Pola Retak

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 entang. 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.

SIMPULAN DAN SARAN

Pembahasan terhadap hasil penelitian pengaruh panjang sambungan lewatan dapat diambil simpulan sebagai berikut :

- 1) Semakin panjang sambungan lewatan pada balok beton bertulang tulangan baja ulir, maka semakin besar momen lentur yang terjadi.
- 2) Momen hasil pengujian yang terjadi pada saat retak pertama dan pada saat leleh memiliki momen yang lebih besar dari pada momen hasil analisis, maka dari itu panjang sambungan lewatan yang digunakan telah memenuhi syarat.
- 3) Semakin panjang sambungan lewatan pada balok beton bertulang tulangan baja ulir, maka semakin kecil lendutan yang terjadi pada saat beban maksimal.
- 4) Pola retak yang terjadi berdasarkan pengamatan saat pengujian terjadi pada tengah bentang, 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.

Penelitian pengaruh panjang sambungan lewatan ini masih perlu adanya beberapa perbaikan untuk mencapai hasil kuat lentur pada sambungan lewatan yang optimum. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

- 1) Adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh panjang sambungan lewatan terhadap kuat lentur dengan variasi diameter atau panjang sambungan lewatan yang dapat dijadikan sebagai variabel bebas.
- 2) Adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh panjang sambungan lewatan terhadap kuat lentur dengan menggunakan berbagai jenis mutu beton.
- 3) Adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh panjang sambungan lewatan terhadap kuat lentur dengan variasi umur beton pada saat pengujian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Ir. Slamet Prayitno, M.T. dan Ir. Sunarmasto, M.T. selaku pembimbing skripsi atas bimbingannya selama ini.

REFRENSI

- Anonim. 1991. *SK SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum Yayasan LPMB. Bandung.
- Anonim. 1997. *SNI-4431-2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.

- Anonim. 2013. *SNI-2847-2013 Persyaratan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- Arusmalem Ginting. 2008. *Tinjauan Kekakuan Sambungan Lewatan Tarik*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra. Yogyakarta.
- Chu Kia Wang and Charles G. Salimon (alih bahasa : Binsar Hariandja). 1993. *Disain Beton Bertulang Edisi Empat*. Erlangga. Jakarta.
- Istimawan Diphohusodo. 1996. *Struktur Beton Bertulang*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Jack C. McCormac (alih bahasa : Sumargo). 2003. *Desain Beton Bertulang Jilid I Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta.
- Kardiyono Tjokrodimuljo. 1996. *Teknologi Beton*. Buku Ajar. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Marsiano. *Penggunaan Admixtures Superplasticizer pada Beton untuk Meningkatkan Mutu Beton*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Sains dan Teknologi Nasional. Jakarta.
- Reni Sulistyawati. 2009. *Pengaruh Penggunaan Zat Additive Bestmittel terhadap Kuat Tekan Beton*. Teodolita Vol. 11.
- Sunarmasto. 2007. *Jurnal Tegangan Lekat Baja Tulangan (Polos dan Ulir) pada Beton*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.