



Perilaku dan Kekuatan Sambungan Kolom pada Sistem Beton Pracetak

Rudi Yuniarto Adi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: rudi_ya@yahoo.co.id

Ilham Nurhuda

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: inuuda@yahoo.com

Sukamta

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: kamt_id@yahoo.com

Intan Fitriani

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl.Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
E-mail: intanfitriani2@gmail.com

Abstract

At this time, the architecture and design of the existing floor plan often changes according to the needs and tastes of the owner in accordance with the changing times. This research was conducted as precast concrete structures become even more important with the increase in man's desire to change the design of his home without spending enormous cost. This study aims to investigate the stiffness and study the behavior of precast concrete between monolith column with no connections and the column with connection. The connection used is dry joint using a plate and screw nut. The results obtained are the stiffness of the test specimen column with no connections is smaller than the test object column with connection. The modulus of elasticity of the column without a connection greater than the column with connection. Cracks that occurred in the test object columns without connection occurs faster than the test object columns with connection and both, flexural cracks occur first and then cracked in shear.

Keywords: *Precast concrete, Dry joint.*

Abstrak

Pada saat ini, bentuk bangunan dan desain denah yang sudah ada seringkali berubah mengikuti kebutuhan dan selera pemilik sejalan dengan perubahan waktu. Penelitian ini dilakukan karena struktur beton pracetak dirasa semakin penting seiring dengan meningkatnya keinginan manusia untuk mengubah desain rumahnya tanpa mengeluarkan biaya yang sangat besar. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kekakuan dan mempelajari perilaku beton pracetak antara kolom monolit tanpa sambungan dengan kolom dengan sambungan. Sambungan yang digunakan adalah sambungan kering menggunakan plat dan baut mur. Hasil yang didapatkan adalah kekakuan benda uji kolom tanpa sambungan lebih kecil dibandingkan benda uji kolom dengan sambungan. Modulus elastisitas kolom tanpa sambungan lebih besar dibandingkan kolom dengan sambungan. Retak yang terjadi pada benda uji kolom tanpa sambungan lebih cepat terjadi dibandingkan kolom dengan sambungan dengan keduanya terjadi retak lentur terlebih dahulu baru kemudian retak di bidang geser.

Kata-kata Kunci: *Beton pracetak, Sambungan kering*

Pendahuluan

Kecepatan pelaksanaan bangunan sipil saat ini sangat dibutuhkan terutama di kota-kota besar. Bentuk bangunan dan desain denah yang sudah ada seringkali berubah mengikuti kebutuhan dan selera pemilik sejalan dengan perubahan waktu. Perubahan bentuk dan desain pada struktur konvensional membutuhkan biaya yang tinggi.

Penggunaan beton pracetak dengan sambungan kering diharapkan dapat menjadi solusi. Apabila bentuk struktur dengan beton pracetak akan diubah, beton pracetak yang lama masih dapat digunakan karena mudah dibongkar pasang.

Jenis sambungan antara komponen beton pracetak yang biasa dipergunakan dapat dikategorikan menjadi 2 kelompok sebagai berikut (Wahyudi *et al.*, 2010):

1. Sambungan kering (*dry connection*)
Sambungan kering adalah sambungan antar komponen beton pracetak menggunakan plat besi sebagai penghubung, yang kemudian dilas atau dibaut.
2. Sambungan basah (*wet connection*)
Sambungan basah adalah sambungan antar beton pracetak yang ditandai dengan keluarnya besi tulangan dari beton pracetak. Besi tulangan ini dihubungkan dengan besi tulangan dari beton pracetak yang akan disambungkan dengan cara dicor di tempat.

Jenis sambungan ini dapat berfungsi baik untuk mengurangi penambahan tegangan yang terjadi akibat rangkai, susut dan perubahan temperatur. Sambungan basah ini sangat dianjurkan untuk bangunan di daerah rawan gempa karena dapat menjadikan masing-masing komponen beton pracetak menjadi monolit.

Kemampuan beton pracetak untuk menggantikan beton monolit masih perlu diteliti lebih lanjut. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian kolom-kolom beton pracetak dengan sambungan kering (*dry joint*) dan kolom monolit untuk mengetahui kekuatan kolom pracetak dibandingkan dengan kolom monolit.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

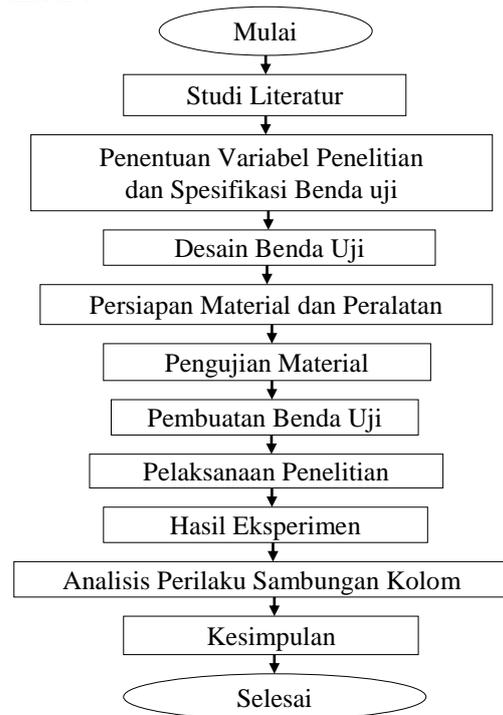
1. Menyelidiki kekakuan beton pracetak antara kolom monolit dengan kolom dengan sambungan kering.
2. Mempelajari perilaku beton pracetak antara kolom monolit dengan kolom dengan sambungan kering.

Sedangkan batasan dari penelitian ini adalah:

1. Tipe sambungan adalah *dry joint*.
2. Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa.
3. Hanya dilakukan uji eksperimental.
4. Sambungan menggunakan kombinasi plat baja dan baut mur.
5. Hanya meneliti sambungan kolom.
6. Pengujian hanya dilakukan untuk pembebanan aksial dan momen lentur satu arah.

Metodologi Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Uji tarik baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui mutu dari baja yang digunakan dalam penelitian. Baja yang diuji tarik adalah baja tulangan, H *beam* yang digunakan pada sambungan, plat, dan baut. *Set up* pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada Gambar 2.

F_y dan F_u dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_y = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

$$F_u = \frac{P_{max}}{A} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

F_y = kuat tarik leleh (MPa)

Fu = kuat tarik *ultimate* (MPa)
 P = beban aksial (N)
 Pmax = beban aksial maksimum (N)
 A = luas penampang benda uji (mm²)

silinder beton dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f'c = \frac{4.P.100}{\pi.d^2.n} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

f'c = kuat tekan beton (MPa)
 P = beban aksial maksimum (N)
 d = diameter silinder beton (mm)
 n = konversi waktu

Set up pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Set up pengujian kuat tarik baja

Hasil pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada Tabel 1.

Uji tekan silinder beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan untuk mengetahui mutu beton yang digunakan dalam penelitian. Silinder beton diuji tekan pada umur 15 hari dan pada saat pengujian. Silinder beton yang diuji adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kuat tekan



Gambar 3. Set up pengujian kuat tekan silinder beton

Tabel 1. Hasil kuat tarik baja

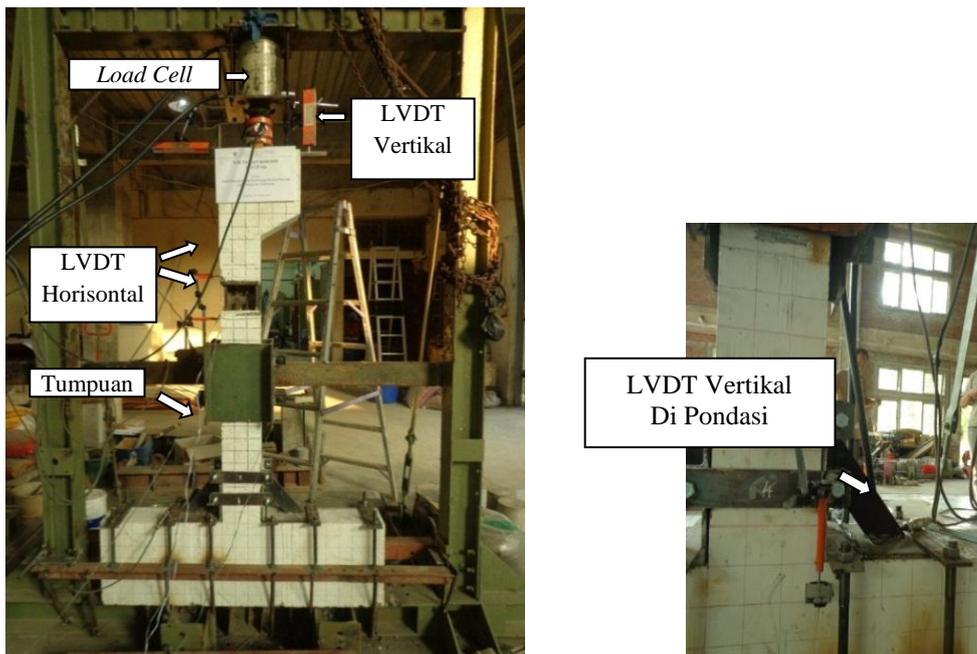
Besi tulangan polos ϕ 6 dan besi tulangan ulir D 10									
No		ϕ (mm)	L ₀ (mm)	ΔL (mm)	P (kN)	Pmax (kN)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	
1	ϕ 6	5.67	74	24	8.5	11.2	336.6378	443.5699	
2	ϕ 6	5.62	75	24	9	11.8	362.8106	475.685	
3	ϕ 6	5.6	74	23	8.5	11	345.1064	446.6083	
4	D10	5.97	30.92	12	10.5	13.5	375.1032	482.2755	
5	D10	5.96	31.48	11	10	15	358.4409	537.6614	
6	D10	5.9	31.51	11	11.2	15.5	409.6605	566.9409	
Baut ϕ 12									
No		ϕ (mm)	L ₀ (mm)	ΔL (mm)	P (kN)	Pmax (kN)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	
1		12	204	15	38	50	335.9938	442.0971	
2		12	206	11	38.5	47	340.4147	415.5712	
H beam ukuran 125.125.6.5.9									
No		Tebal (mm)	Lebar (mm)	L ₀ (mm)	ΔL (mm)	P (kN)	Pmax (kN)	Fy (MPa)	Fu (MPa)
1	Badan	9.2	15.75	119.65	37	51	70	351.9669	483.0918
2	Sayap	6.25	14	120.5	32	37	48	422.8571	548.5714
Plat tebal 10 mm dan 5 mm									
No		Tebal (mm)	Lebar (mm)	L ₀ (mm)	ΔL (mm)	P (kN)	Pmax (kN)	Fy (MPa)	Fu (MPa)
1	10 mm	9.7	15.1	119.78	35	51	68	348.1942	464.2589
2	10 mm	9.7	15.14	120.63	35	51.5	68.2	350.6789	464.3942
3	5 mm	4.25	18.5	120.85	35	22.3	33.2	283.6248	422.2576
4	5 mm	4.25	18.2	120.49	35	23	33.5	297.3497	433.0963

Sumber : Hasil pengujian

Tabel 2. Hasil uji kuat tekan silinder beton

No	Umur (hari)	Berat (gram)	Gaya tekan (ton)	Kokoh tekan (kg/cm ²)	Perkiraan kokoh silinder 28 hari (kg/cm ²)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
				(4)*1000/A	(5)*100/n	
1	15	12,910	50.0	282.83	317.78	
2	15	12,690	47.0	265.86	298.72	
3	15	12,720	47.0	265.86	298.72	- Ukuran contoh silinder
4	91	12,880	71.0	401.62	334.68	Ø = 15 cm H = 30 cm
5	91	12,760	70.0	395.96	329.97	
6	91	12,810	70.0	395.96	329.97	

Sumber: Hasil pengujian



Gambar 4. Set up pengujian tekan kolom

Uji kuat tekan kolom

Kolom monolit dan kolom dengan sambungan diberi pembebanan dengan beban garis secara eksentris. Eksentrisitas yang digunakan yaitu sebesar 67 mm. Set up pengujian kuat tekan kolom dapat dilihat pada Gambar 4.

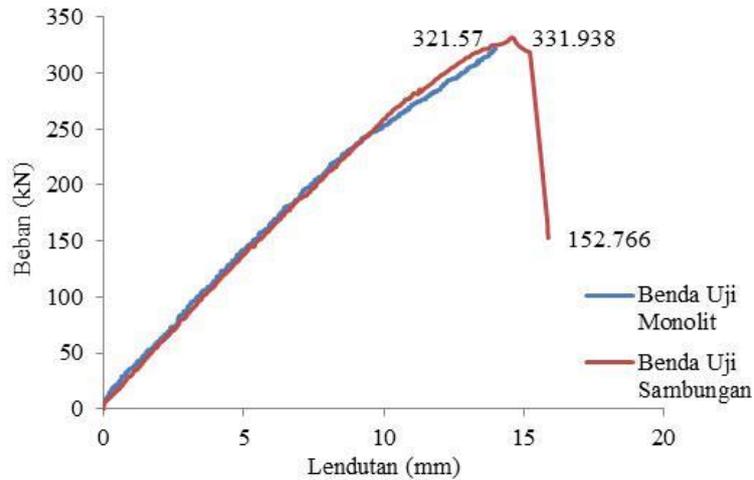
Pada pengujian benda uji monolit tanpa sambungan, kolom tidak diuji hingga runtuh, melainkan dihentikan pada beban 321,57 kN. Hal ini dikarenakan *loading frame* sudah mengalami deformasi pada beban tersebut. Kemungkinan masih terdapat kenaikan beban setelah beban 321,57 kN. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.

Pola retak yang terjadi pada benda uji kolom monolit tanpa sambungan dan benda uji kolom dengan sambungan dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

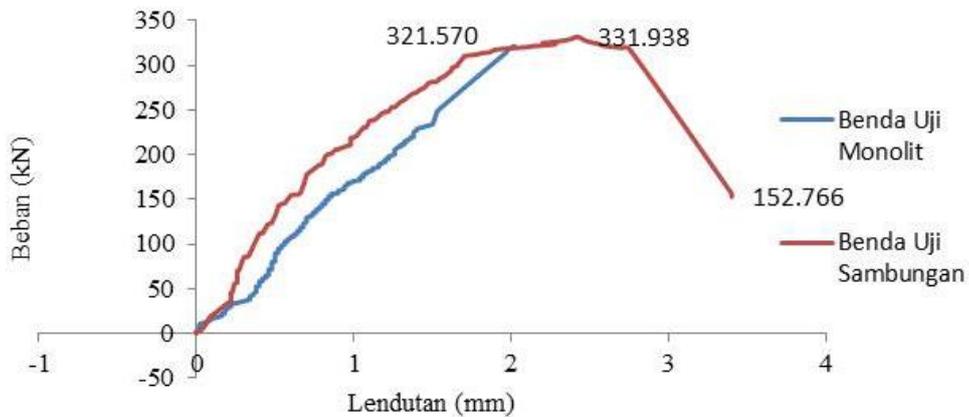
Analisa pengujian kuat tekan kolom monolit tanpa sambungan dan dengan sambungan dijabarkan pada beberapa poin berikut ini:

1. Beban maksimum pada benda uji kolom monolit tanpa sambungan adalah 321,57 kN karena pengujian dihentikan pada beban tersebut walaupun kolom belum runtuh. Beban puncak pada benda uji kolom dengan sambungan adalah 331,938 kN kemudian runtuh pada 152,766 kN.

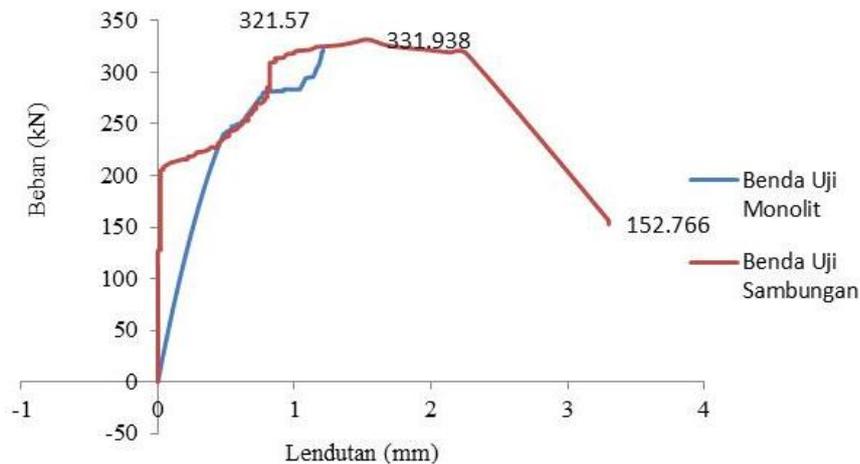
- Lendutan vertikal yang terjadi pada ujung kolom bagian atas untuk kolom monolit tanpa sambungan pada beban 321,57 kN adalah 14 mm. Sedangkan lendutan untuk kolom dengan sambungan pada beban 331,938 kN adalah 14,6 mm dan pada beban 152,76 kN adalah 15,88 mm.
- Lendutan horisontal yang terjadi pada ujung kolom bagian atas untuk kolom monolit tanpa sambungan pada beban 321,57 kN adalah 2,02 mm. Sedangkan lendutan untuk kolom dengan sambungan pada beban 331,938 kN adalah 2,42 mm dan pada beban 152,76 kN adalah 3,4 mm.



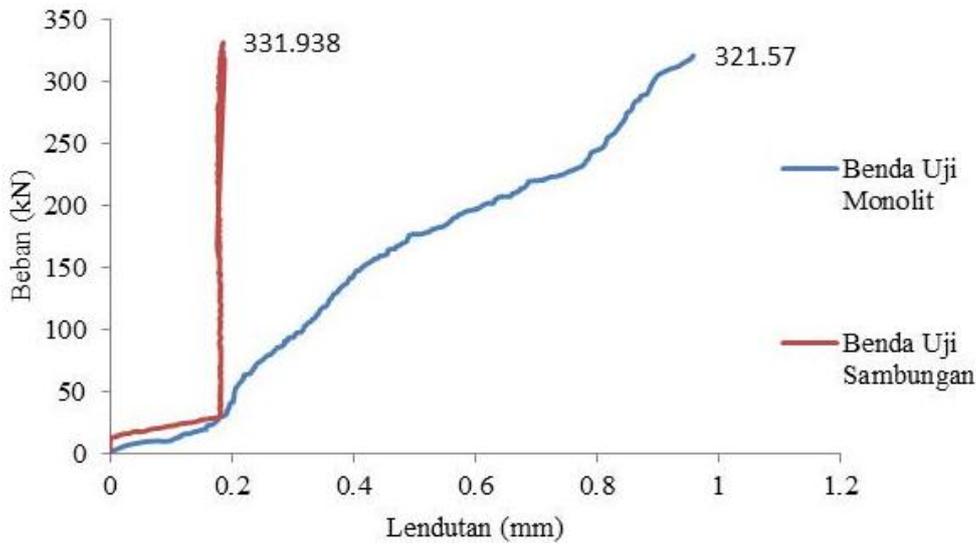
a. Beban-lendutan LVDT vertikal atas



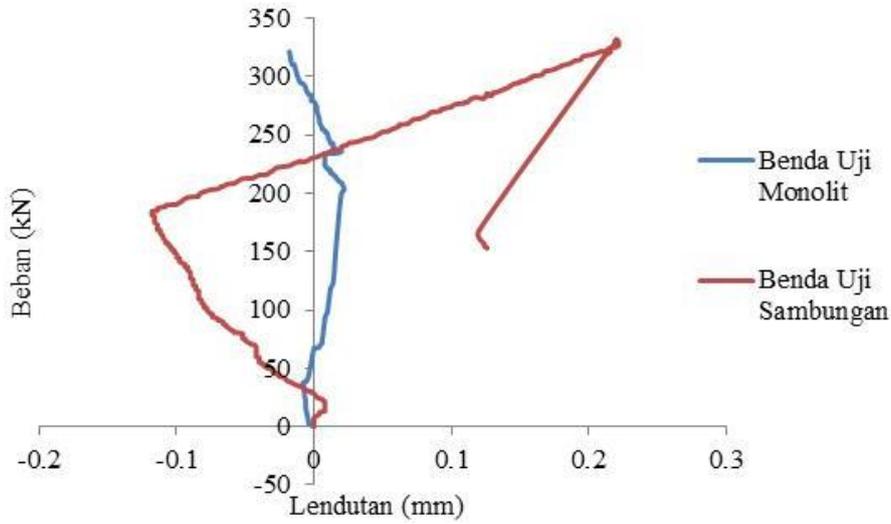
b. Beban-lendutan LVDT horisontal atas



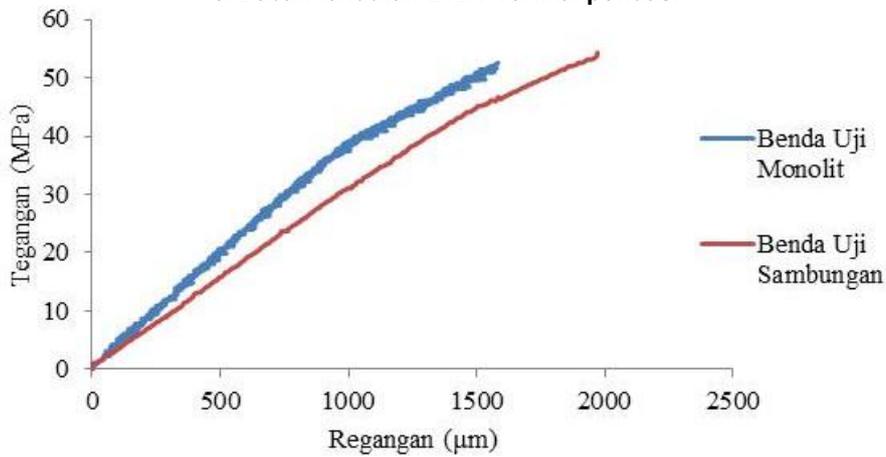
c. Beban-lendutan LVDT horisontal atas sambungan



d. Beban-lendutan LVDT horizontal bawah sambungan



e. Beban-lendutan LVDT vertikal pondasi



f. Tegangan-regangan beton

Gambar 5. Hasil pengujian tekan kolom



Gambar 6. Pola retak benda uji kolom monolit tanpa sambungan



Gambar 7. Pola retak benda uji kolom dengan sambungan

4. Lendutan horisontal pada jarak 490 mm dari ujung atas kolom (posisi atas sambungan) untuk kolom monolit tanpa sambungan pada beban 321,57 kN adalah 1,21 mm. Sedangkan lendutan untuk kolom dengan sambungan pada beban 331,938 kN adalah 1,54 mm dan pada beban 152,76 kN adalah 3,3 mm.
5. Lendutan horisontal pada jarak 670 mm dari ujung atas kolom (posisi bawah sambungan) untuk kolom monolit tanpa sambungan pada beban 321,57 kN adalah 0,958 mm. Sedangkan lendutan untuk kolom dengan sambungan pada beban 331,938 kN adalah 0,186 mm dan pada beban 152,76 kN adalah 0,18 mm.
6. Lendutan vertikal yang terjadi di pondasi atau tumpuan sangat fluktuatif, terkadang tumpuan naik dan terkadang turun. Perpindahan yang terjadi pada benda uji kolom dengan sambungan lebih besar dibandingkan pada benda uji kolom monolit tanpa sambungan. Walaupun begitu, rata-rata perpindahan yang terjadi pada tumpuan sangat kecil dengan perpindahan terbesar 0,212 mm.
7. Modulus elastisitas benda uji kolom monolit tanpa sambungan lebih besar dibandingkan benda uji kolom dengan sambungan.
8. Pada benda uji monolit tanpa sambungan, retak pertama terjadi saat beban menunjukkan angka sebesar 130 kN. Retak yang terjadi yaitu retak lentur di atas sambungan. Pada beban 203 kN, retak mulai muncul pada bidang geser. Pada benda uji dengan sambungan, retak pertama muncul pada beban 180 kN juga merupakan retak lentur di atas sambungan. Semakin bertambahnya beban, pada beban 250 kN, muncul retak di bidang geser.

Kesimpulan

Dari hasil dan pembahansan di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada hubungan beban dengan lendutan dapat disimpulkan bahwa kekakuan benda uji kolom dengan sambungan lebih besar dibandingkan benda uji kolom monolit tanpa sambungan. Hal ini didapat dari rasio beban dengan lendutan kolom dengan sambungan yang lebih besar.

2. Pada hubungan tegangan dengan regangan beton dapat disimpulkan bahwa modulus elastisitas benda uji kolom monolit tanpa sambungan lebih besar dibandingkan benda uji kolom dengan sambungan.
3. Pola retak menunjukkan retak pertama yang terjadi pada kolom tanpa sambungan lebih cepat terjadi dibandingkan dengan kolom dengan sambungan. Retak pertama pada benda uji kolom tanpa sambungan terjadi pada beban 130 kN, sedangkan pada kolom dengan sambungan terjadi pada beban 180 kN. Retak yang terjadi dari kedua benda uji adalah retak lentur pada posisi atas sambungan terlebih dahulu, kemudian baru retak pada bidang geser.

Saran

Adapun saran dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk sambungan pracetak pada hubungan balok kolom.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pembebanan siklik pada kolom dengan sambungan kering.
3. Jumlah benda uji sebaiknya lebih dari satu untuk tiap variasi agar data yang didapat lebih valid.

Daftar Pustaka

Imran, I. L. Eddy, Mujiono, dan E. Fadilla, 2009. *Studi Eksperimental Sambungan Kolom-kolom pada Sistem Beton Pracetak dengan Menggunakan Sleeves*, Seminar dan Pameran HAKI.

Indarwanto, Muji, 2012. *Precast Concrete, Pusat Pengembangan Bahan Ajar*, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Karimah, R. dan Y., Wahyudi, 2010. Daktilitas Kolom Beton Bertulang dengan Pengekangan di Daerah Sendi Plastis, *Jurnal Teknik Industri*. Universitas Muhammadiyah Malang, Hal. 143-149, Malang.

Kristianto, A., I., Imran, dan M., Suarjana, 2011. *Studi Eksperimental Penggunaan Tulangan*

Pengekang Tidak Standar yang Dimodifikasi pada Kolom Persegi Beton Bertulang, *Jurnal Teknik Sipil Vol. 18 No. 3*, Bandung.

Niken, C., 2008. *Perilaku Lentur Sambungan Model Takik Pada Balok Aplikasi Untuk Beton Pracetak*, *Dinamika Teknik Sipil*, Universitas Lampung, Lampung.

Purwanto, E., dan R., Setiadji, 2006. *Tinjauan Kekakuan Pada Kolom Retrofit dengan Pengekangan Carbon Wrapping*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Shariatmadar, H., 1997. *Seismic Response of Connections in Precast Concrete Double-Tees*. Thesis, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics McGill University, Montreal, 427 hal, Canada.

SNI, 2010. *Metoda Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang Pracetak untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

Sudarsana, I., K., dan A., A., G., Sutapa, 2007. Perkuatan Kolom Bulat Beton Bertulang dengan Lapis Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 11 No. 1*. Denpasar.

Suherman, J., 2011. *Penggunaan Block Set Connection (BSC) pada Sambungan Elemen Beton Precast*. Vocational Education Development Center, Malang.

Tjahjono, E., dan Heru Purnomo, 2004. *Pengaruh Penempatan Penyambungan pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar*, Makara, Teknologi, Vol. 8, No.3. Universitas Indonesia, Depok.

Wibowo, L., S., B., et al, 2011. *Studi Perilaku Sambungan Pracetak untuk Rumah Sederhana Tahan Gempa Akibat Beban Siklik*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Wahyudi, H., & Hery Dwi Hanggoro, 2010. *Perencanaan Struktur Gedung BPS Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Beton Pracetak*, Thesis, Universitas Diponegoro, Semarang.