

## **PENGARUH SENGGANG SPIRAL GANDA TERHADAP KEKUATAN TEKAN PIPA BETON**

Yonatan Septian Sugiarto<sup>1</sup>, Reynardo Cristoval Yuwono<sup>2</sup>, Gogot Setyo Budi<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** Beton merupakan material yang paling sering digunakan di dalam dunia konstruksi bangunan, seperti pada balok, kolom, pelat, dan tiang pancang untuk pondasi. Khusus pada tiang pancang pracetak dapat dibuat dalam bentuk silinder berongga (*hollow*) dan persegi yang pejal atau berongga. Beberapa bangunan mulai banyak menggunakan tiang pancang dari beton yang berlubang pada bagian tengahnya atau yang disebut juga pipa beton dengan tujuan untuk mengurangi berat sendiri. Keruntuhan pipa beton terhadap kekuatan tekan berbeda dengan beton silinder pejal dimana keruntuhan dapat terjadi pada sisi bagian luar maupun sisi bagian dalam dinding pipa beton. Pada penelitian ini, upaya peningkatan kekuatan tekan pada pipa beton dilakukan dengan memberikan sengkang spiral ganda pada bagian dinding luar dan dalam pipa beton. Ukuran diameter tulangan yang digunakan untuk sengkang spiral adalah 4 mm. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian sengkang spiral ganda dapat meningkatkan kekuatan tekan pada pipa beton. Peningkatan kekuatan tekan pada pipa beton berbeda-beda sesuai dengan jarak sengkang spiral yang digunakan. Sengkang spiral ganda juga dapat meningkatkan daktilitas dari pipa beton.

**KATA KUNCI:** pipa beton, keruntuhan, sengkang spiral ganda, kekuatan tekan pipa beton.

### **1. PENDAHULUAN**

Proses produksi pipa beton pada umumnya dilakukan di pabrik dengan metode *spinning*. Terbentuknya silinder berongga diakibatkan dari proses *spinning* yang berasal dari gaya sentrifugal sehingga menyebabkan material beton terlempar ke arah luar. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Budi et al., (2017) menunjukkan bahwa dinding pada bagian luar lebih padat daripada dinding pada bagian dalam. Hal ini disebabkan karena penyebaran agregat yang tidak merata, terutama agregat yang lebih berat. Karena berdasarkan rumus gaya sentrifugal, besarnya gaya sentrifugal berbanding lurus dengan massa benda. Hal tersebut mengakibatkan agregat yang lebih berat akan cenderung berada pada selimut bagian luar.

Pola keruntuhan pada pipa beton akibat gaya tekan dapat terjadi pada dinding bagian luar dan dalam. Berbeda dengan beton silinder pejal yang pola keruntuhannya sudah pasti, yaitu hanya pada dinding bagian luarnya saja. Tetapi masih belum dapat dipastikan bagian dinding mana yang akan retak terlebih dahulu apabila pipa beton tersebut diberi gaya tekan. Pola keruntuhan pada selimut bagian dalam pipa beton masih merupakan sebuah kemungkinan karena penyebaran agregat yang tidak merata akibat proses *spinning*. Apabila terjadi keretakan pada bagian dalam, cukup jarang diketahui karena tidak dapat diamati secara langsung. Untuk mengetahui kekuatan maksimal pada bagian dinding dalam harus dilakukan pengujian sampel dengan metode *core-drill*. Dengan berkembangnya dunia pengetahuan konstruksi, berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kekuatan pipa beton terhadap gaya tekan. Upaya yang telah dilakukan antara lain dengan menambahkan material pendukung pada campuran beton seperti penambahan *steel fiber* (Sasmita et al., 2017) dan serat *polypropylene* (Tjandra

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, yonatanseptians@gmail.com.

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, cristovalreynardo@gmail.com.

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya, gogot@petra.ac.id.

et al., 2017). Selain menambahkan material pendukung ke dalam campuran beton, upaya lain yang telah dilakukan adalah dengan penambahan *clamp* baja pada bagian luar selimut pipa beton (Kintarman et al., 2017) dan penambahan sengkang (*confinement*) di dalam pipa beton (Christian et al., 2017). Beberapa upaya tersebut sebelumnya telah dilakukan pada beton pejal dan kemudian dicoba untuk diaplikasikan pada pipa beton.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian mengenai upaya peningkatan kekuatan tekan pipa beton dengan menggunakan sengkang spiral ganda pada bagian dinding sisi luar dan sisi dalam. Pemasangan sengkang spiral ganda pada pipa beton diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tekan dan regangan. Selain itu, sengkang spiral ganda digunakan untuk menahan retak ke arah luar dan dalam pada pipa beton ketika diberi gaya tekan. Sengkang spiral ganda dipasang dengan jarak yang bervariasi untuk mengetahui jarak yang optimum dengan kekuatan yang maksimum. Jarak sengkang spiral ganda yang digunakan adalah 7.5 cm, 10 cm, dan 15 cm.

## 2. LANDASAN TEORI

Pada peninjauan mengenai perkuatan beton pejal pada struktur kolom, mengarah pada upaya peningkatan kekuatan tekan kolom beton bertulang dengan menggunakan baja siku (*steel collar*) oleh Pudjisuryadi et al., (2012). Penelitian dilakukan dengan mutu beton  $f_c' = 24.6$  MPa. Benda uji yang digunakan berupa kolom berpenampang persegi dengan ukuran  $15 \times 15 \times 45$  cm<sup>3</sup>. Parameter yang diperhatikan adalah jumlah dari elemen pengekuat. Baja siku yang terpasang pada benda uji adalah sebanyak 2, 4, dan 6 buah. Dimensi baja siku yang digunakan adalah baja siku L40.40.4 dengan variasi jarak 100 mm dan 66.7 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkuatan dengan menggunakan baja siku dapat meningkatkan kekuatan tekan dan regangan. Pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan 2 baja siku dapat meningkatkan kuat tekan hingga 12.6%. Penggunaan 4 baja siku dapat meningkatkan kuat tekan hingga 18.2%. Sedangkan penggunaan 6 baja siku dapat meningkatkan kuat tekan hingga 28.4%. Berdasarkan penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak baja siku yang digunakan maka akan semakin tinggi pula kekuatan tekan beton yang dihasilkan.

Kintarman et al. (2017) mencoba menerapkan penggunaan *clamp* dari pelat baja pada sisi bagian luar pipa beton untuk meningkatkan kekuatan tekan dan regangannya. Penelitian dilakukan pada pipa beton dengan mutu beton  $f_c' = 50$  MPa dan  $f_c' = 33$  MPa. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan rongga pada bagian tengah yang berdiameter 5 cm. *Clamp* baja yang digunakan memiliki tebal 1.7 mm dan lebar 27 mm dengan bentuk cincin. Variasi penelitian dilakukan dengan memasang *clamp* baja pada pipa beton sebanyak 3, 4, dan 5 buah. Kintarman et al. (2017) menyimpulkan bahwa tegangan hancur pipa beton dengan pemakaian 5 *clamp* baja pada mutu  $f_c' = 50$  MPa dapat meningkat hingga 36.84% dan regangan sebesar 27.1%. Tegangan hancur pipa beton dengan pemakaian 5 *clamp* baja pada mutu  $f_c' = 33$  MPa dapat meningkat hingga 34.38% dan regangan sebesar 62.7%. Selain pengaruh peningkatan pada tegangan dan regangan, pemberian *clamp* baja juga memberikan dampak pada pola keruntuhan pipa beton. Sehingga daerah yang diberikan tambahan *clamp* baja mengalami kerusakan yang minor dan keretakan hanya terjadi pada daerah di antara *clamp*. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin kecil jarak antar *clamp* baja maka semakin tinggi pula kuat tekan beton serta regangan yang dihasilkan.

Christian et al., (2017) melakukan sebuah upaya perkuatan pipa beton dengan menggunakan tulangan sengkang. Pada penelitian tersebut, pipa beton dipasang tulangan sengkang berbentuk bulat pada sisi luar dinding dan berbagai macam variasi untuk sengkang pada sisi dalam dinding. Variasi sengkang pada bagian dalam pipa beton adalah sengkang berbentuk segi empat, segi lima, dan segi enam. Ukuran diameter tulangan untuk sengkang bulat dan tulangan sengkang lainnya adalah 6 mm. Penelitian dilakukan pada pipa beton dengan mutu beton  $f_c' = 41.5$  MPa. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm serta memiliki rongga pada bagian tengah yang berdiameter 5 cm. Jarak sengkang yang digunakan yaitu 9 cm, 7 cm dan 5.5 cm untuk sengkang pada sisi bagian luar maupun dalam. Pengujian kuat tekan dan regangan dilakukan ketika sampel berumur 28 hari. Pada penelitian tersebut menunjukkan penggunaan sengkang bulat dan sengkang segi empat pada jarak 5.5 cm dapat meningkatkan tegangan hancur pipa beton hingga 35%. Pada penggunaan sengkang bulat dan

senggang segi lima pada jarak 7 cm dapat meningkatkan tegangan hancur pipa beton hingga 20%. Sedangkan pada penggunaan sengkang bulat dan sengkang segi enam pada jarak 9 cm tidak ditemukan adanya peningkatan tegangan hancur pada pipa beton. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Christian dapat disimpulkan bahwa bentuk sengkang tidak sepenuhnya mempengaruhi kekuatan tekan pada pipa beton. Semakin rumit bentuk sengkang belum tentu dapat meningkatkan kekuatan tekan pipa beton, bahkan dapat menurunkan kekuatannya karena tulangan sengkang di dalam pipa beton terlalu padat (*crowded*). Peningkatan kekuatan tekan pipa beton yang paling optimal dipengaruhi oleh jarak antar sengkang.

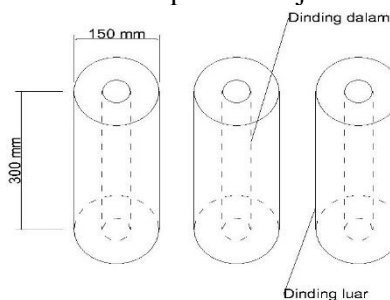
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur mengenai berbagai macam perkuatan pada pipa beton melalui jurnal-jurnal yang ada. Berdasarkan studi literatur tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian sengkang spiral ganda pada sisi bagian luar dan dalam dinding pipa beton. Proses penelitian dilanjutkan dengan pembuatan benda uji berupa pipa beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang dibuat dengan bantuan mesin *spinning*. Semua benda uji dibuat dengan mutu beton K-350 atau  $f_c' = 29$  MPa. Macam-macam variasi benda uji yang dibuat dijelaskan dalam **Tabel 1**.

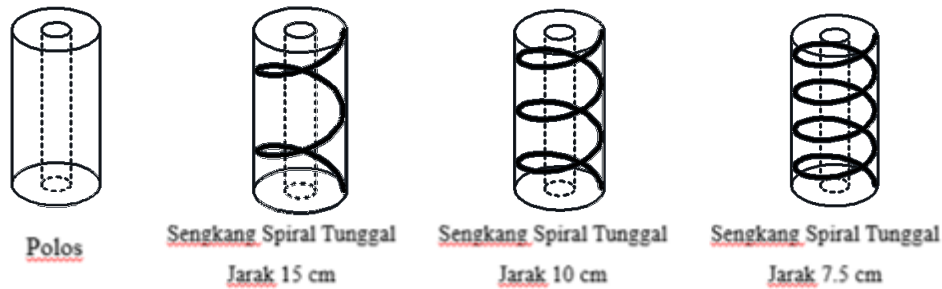
**Tabel 1. Variasi Benda Uji  $f_c' = 29$  MPa**

Jenis Benda Uji	Jarak Sengkang (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)	Keterangan	
Polos	-	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Selimut pipa beton sebesar 1 cm</li> <li>- Proses <i>curing</i> benda uji selama 28 hari</li> <li>- Diameter tulangan sengkang 4 cm</li> </ul>	
Sengkang Spiral Tunggal	7.5	4		
	10	4		
	15	4		
Sengkang Spiral Ganda	7.5	4		
	10	4		
	15	4		
Total Benda Uji (buah)		36		

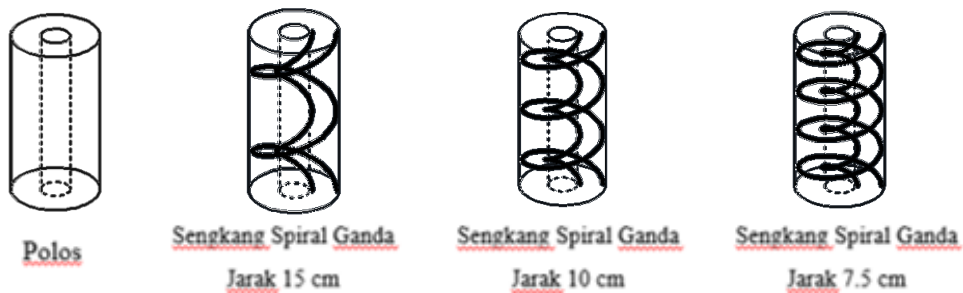
Detail mengenai benda uji pipa beton dapat dilihat pada **Gambar 1** dan macam-macam variasi benda uji pipa beton ditampilkan seperti **Gambar 2** serta **Gambar 3**. Benda uji tersebut akan diberi penamaan sebagai berikut: P71 untuk pipa beton polos pada *batch* 1, T71 untuk pipa beton dengan sengkang spiral tunggal jarak 7.5 cm pada *batch* 1. Notasi P, T dan G menunjukkan pipa beton polos, pipa beton dengan sengkang spiral tunggal dan ganda. Notasi 7, 10 dan 15 menunjukkan jarak antar sengkang. Sedangkan notasi yang terakhir menunjukkan *batch* ke berapa benda uji tersebut.



**Gambar 1. Detail Benda Uji Pipa Beton**



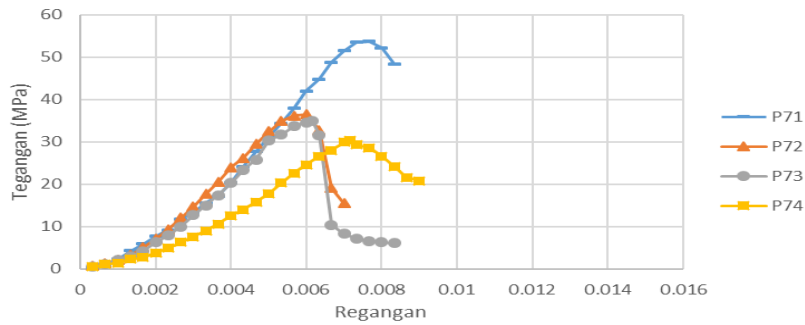
Gambar 2. Sketsa Benda Uji Pipa Beton Polos, Pipa Beton dengan Sengkang Spiral Tunggal Jarak 15 cm, 10 cm, dan 7.5 cm



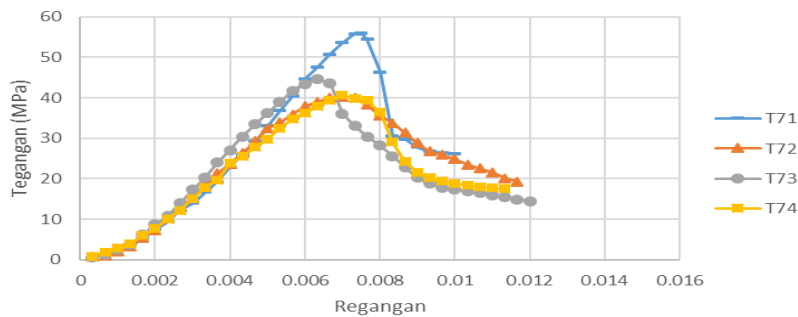
Gambar 3. Sketsa Benda Uji Pipa Beton Polos, Pipa Beton dengan Sengkang Spiral Ganda Jarak 15 cm, 10 cm, dan 7.5 cm

#### 4. HASIL DAN ANALISA

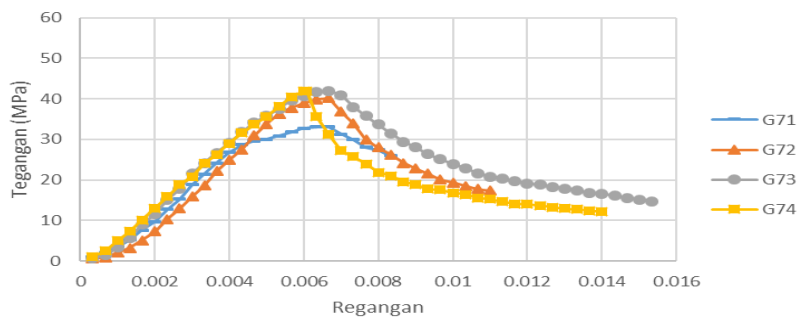
Khusus pada pipa beton polos *batch* 1 kekuatan tekan beton silinder yang didapatkan dari campuran beton adalah 53 MPa, jauh lebih besar dari kekuatan tekan pipa beton yang direncanakan yaitu 29 MPa. Kekuatan benda uji pada percobaan yang lain relatif mendekati dengan kekuatan tekan yang direncanakan. Pada grafik tegangan-regangan pipa beton polos dapat diamati bahwa kekuatan tekan maksimum pipa beton polos pada *batch* 2, 3, dan 4 cukup homogen yaitu berkisar 34 MPa. Kekuatan tekan maksimum pipa beton polos berada pada regangan 0.006 hingga 0.007. Sedangkan Pipa beton polos yang memiliki kekuatan tekan maksimum hingga 53 MPa berada pada regangan 0.0076. Pada pipa beton polos, kekuatan tekan langsung turun setelah mencapai kekuatan maksimumnya seperti yang terlihat pada **Gambar 4**. Sedangkan pada pipa beton dengan sengkang spiral, penurunan kekuatan tidak terjadi secara tiba-tiba. Pengaruh dari pemberian sengkang spiral pada pipa beton dapat diamati pada **Gambar 5** untuk sengkang tunggal dan **Gambar 6** untuk sengkang ganda. Berdasarkan **Gambar 5** dapat diamati bahwa kekuatan tekan maksimum (di luar *batch* 1) yang didapatkan adalah sekitar 42 MPa. Peningkatan kekuatan tekan pipa beton *batch* 2 hingga 4 dengan sengkang spiral tunggal jarak 7.5 cm adalah sebesar hingga 33% dibandingkan dengan kekuatan tekan pipa beton polos. Kekuatan tekan maksimum pipa beton dengan sengkang spiral tunggal jarak 7.5 cm berada pada regangan 0.0063 hingga 0.007. Pada sengkang spiral tunggal dengan jarak 7.5 cm *batch* 1, kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan adalah 56 MPa dan berada pada regangan 0.0075. Peningkatan kekuatan tekan rata-rata yang didapatkan dari sengkang spiral tunggal jarak 7.5 cm adalah sebesar 7.7%. Sedangkan berdasarkan grafik pada **Gambar 6**, dapat diamati bahwa kekuatan tekan beton maksimum yang dihasilkan oleh pipa beton dengan sengkang ganda adalah berkisar 43 MPa. Kekuatan tekan maksimum pipa beton dengan sengkang spiral ganda jarak 7.5 cm berada pada regangan 0.0063 hingga 0.0067. Kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan oleh pipa beton dengan sengkang spiral ganda tidak berbeda dengan kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan oleh pipa beton dengan sengkang spiral tunggal. Sedangkan pada *batch* 1, dapat diamati bahwa sengkang spiral ganda pada pipa beton membuat kekuatan tekan maksimum menjadi 33 MPa. Hal ini kemungkinan disebabkan karena benda uji yang relatif kecil, sehingga tulangan menjadi relatif rapat.



**Gambar 4. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton Polos**

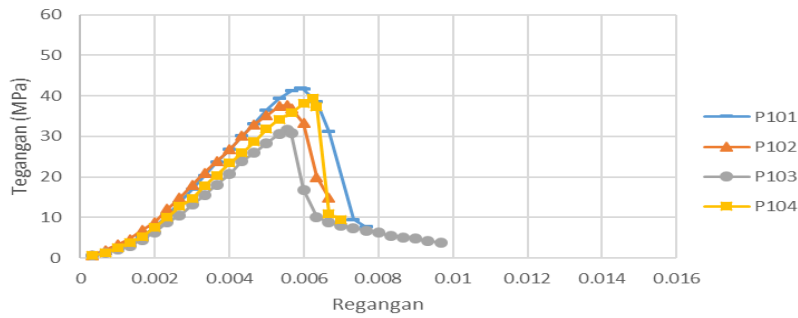


**Gambar 5. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton dengan Sengkang Tunggal Jarak 7.5 cm**

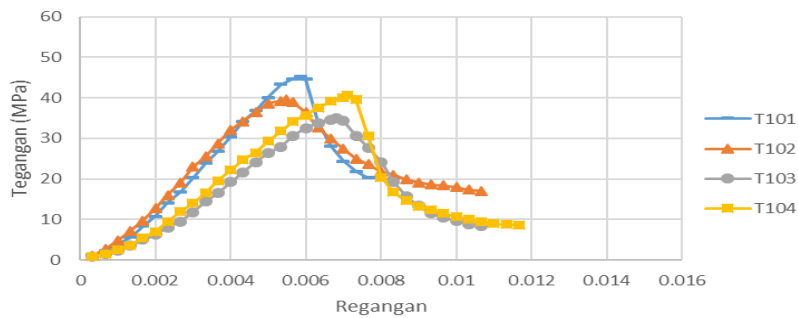


**Gambar 6. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton dengan Sengkang Ganda Jarak 7.5 cm**

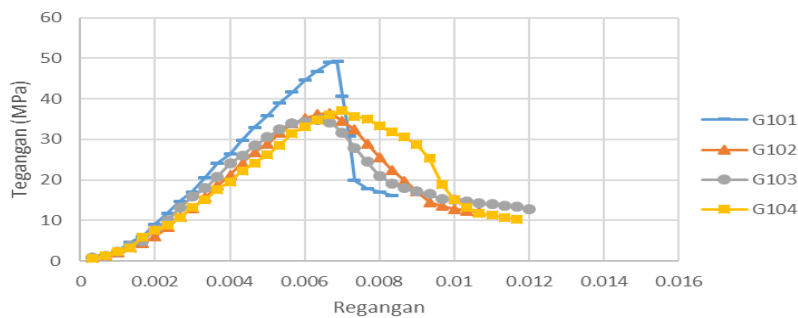
Pada **Gambar 7** dapat diamati bahwa kekuatan tekan benda uji pipa beton polos berkisar antara 32 MPa–42 MPa. Grafik tersebut menunjukkan bahwa variasi yang dihasilkan tidak terlalu besar dan dapat disebut homogen. Kekuatan tekan maksimum pipa beton polos berada pada regangan 0.0055 hingga 0.0062. Setelah mencapai kekuatan tekan maksimum, kekuatan tekan pipa beton langsung turun secara drastis. Berdasarkan **Gambar 8**, kekuatan tekan maksimum pipa beton dengan sengkang tunggal jarak 10 cm berkisar antara 35 MPa–45 MPa pada regangan 0.0054 hingga 0.0071. Peningkatan kekuatan tekan maksimum pada pipa beton apabila diberi sengkang tunggal dengan jarak 10 cm adalah sebesar  $\pm 10\%$ . Berdasarkan **Gambar 7** dapat diamati bahwa pemberian tulangan tunggal dengan jarak 10 cm dapat membantu beton tidak hancur secara langsung ketika kekuatan tekan beton telah mencapai maksimum tetapi kekuatan tekan mengalami penurunan secara bertahap. Data hasil uji tekan pada pipa beton dengan sengkang ganda jarak 10 cm pada **Gambar 9** menunjukkan bahwa benda uji cukup homogen. Namun, kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan pipa beton dengan sengkang spiral ganda jarak 10 cm adalah berkisar 35 MPa pada regangan 0.0065 hingga 0.007. Kekuatan tekan tersebut tidak memberi peningkatan yang signifikan apabila dibandingkan pipa beton dengan sengkang tunggal jarak 10 cm. Tetapi dapat diamati bahwa grafik regangan yang dihasilkan lebih landai daripada pipa beton polos dan pipa beton dengan sengkang spiral tunggal dengan jarak 10 cm.



**Gambar 7. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton Polos**

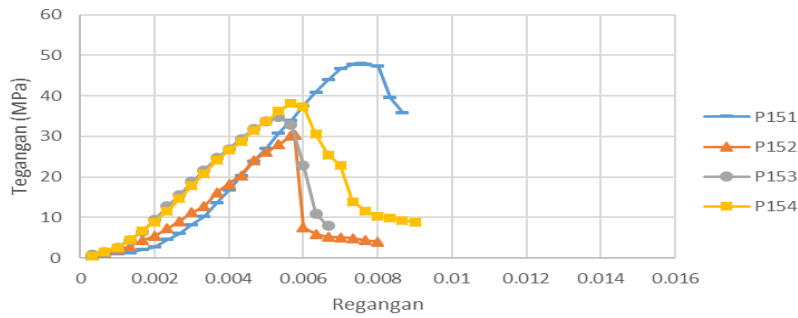


**Gambar 8. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton dengan Sengkang Tunggal Jarak 10 cm**

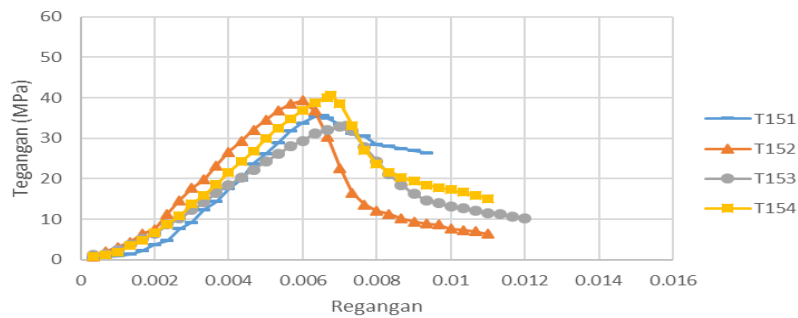


**Gambar 9. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton dengan Sengkang Ganda Jarak 10 cm**

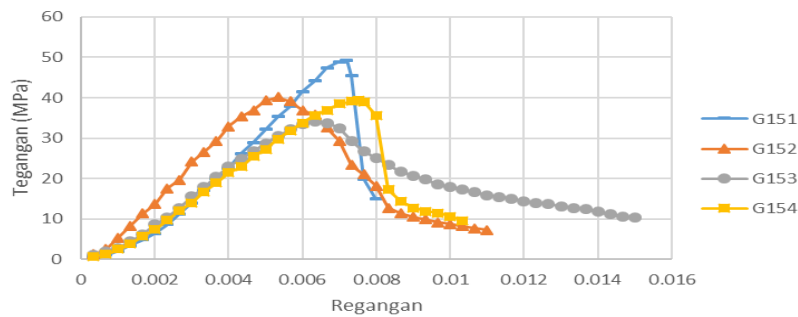
Berdasarkan **Gambar 10** menunjukkan bahwa kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan pipa beton polos berkisar antara 30 MPa-38 MPa. Kekuatan tekan maksimum pipa beton polos berada pada regangan 0.0053 hingga 0.0057. Tetapi pipa beton *batch* 1 memiliki tekanan maksimum yang tidak homogen atau berada diatas rata-rata yaitu hingga 48 MPa pada regangan 0.0075. Pada **Gambar 11** dapat diamati bahwa pipa beton dengan sengkang tunggal jarak 15 cm menghasilkan kekuatan tekan maksimum antara 33 MPa-40 MPa. Sehingga dapat diketahui bahwa tidak terjadi peningkatan kekuatan pada pipa beton yang diberikan sengkang spiral tunggal dengan jarak 15 cm. Kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan berada pada regangan 0.006 hingga 0.0072. Sama halnya pipa beton dengan sengkang spiral tunggal, dapat diamati pada **Gambar 12** bahwa penggunaan sengkang ganda pada pipa beton dengan jarak 15 cm tidak menunjukkan adanya peningkatan kekuatan. Kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan oleh pipa beton dengan sengkang spiral ganda jarak 15 cm adalah sebesar 34 MPa hingga 40 MPa pada regangan 0.0053 hingga 0.0075, tidak berbeda bila dibandingkan dengan pipa beton yang menggunakan sengkang tunggal jarak 15 cm. Tetapi pada *batch* 1, dapat diamati bahwa kekuatan tekan maksimum yang dihasilkan adalah 49 MPa pada regangan 0.0075. Pada **Gambar 12** dapat diamati bahwa pipa beton dengan sengkang ganda ini memiliki penurunan tegangan yang lebih bertahap setelah kekuatan tekan maksimum terjadi.



Gambar 10. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton Polos



Gambar 11. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton dengan Senggang Tunggal Jarak 15 cm



Gambar 12. Grafik Tegangan-Regangan Pipa Beton dengan Senggang Ganda Jarak 15 cm

Tabel 2. Normalisasi Benda Uji Pipa Beton Polos, Pipa Beton dengan Senggang Spiral Tunggal, dan Pipa Beton dengan Senggang Spiral Ganda

Jenis Jarak	Polos		Tunggal		Ganda	
	fc' (MPa)	Persentase %	fc' (MPa)	Persentase %	fc' (MPa)	Persentase %
7.5 cm	53.67	100	56.02	104.38	33.10	61.67
	36.48	100	40.17	110.12	40.23	110.28
	34.89	100	44.56	127.72	42.02	120.44
	30.43	100	40.74	133.88	42.02	138.09
10 cm	41.89	100	45.33	108.21	49.34	117.78
	37.75	100	39.60	104.90	36.48	96.64
	31.70	100	35.01	110.44	35.01	110.44
	39.47	100	40.62	102.91	37.11	94.02
15 cm	48.06	100	35.65	74.18	49.34	102.66
	30.43	100	39.34	129.28	40.11	131.81
	34.76	100	33.10	95.22	34.19	98.36
	38.20	100	40.62	106.34	39.47	103.32

Berdasarkan **Tabel 2**, terlihat adanya kecenderungan peningkatan kekuatan tekan pipa beton dengan pemberian sengkang. Peningkatan terbesar diperoleh dari pemberian sengkang spiral tunggal dan ganda pada jarak 7.5 cm. Namun kekuatan tekan pipa beton dengan sengkang spiral ganda relatif sama dengan kekuatan tekan pipa beton dengan sengkang spiral tunggal. Semakin besar jarak antar sengkang, terlihat adanya kecenderungan penurunan kekuatan tekan pipa beton. Namun ada beberapa sampel tulangan spiral ganda yang memiliki kekuatan tekan yang lebih kecil daripada sengkang spiral tunggal. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh pengaruh tulangan yang terlalu padat, sehingga kekuatan tekan menjadi tidak homogen.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah mengamati dan menganalisa data-data hasil penelitian, maka selanjutnya dapat dibuat kesimpulan untuk mengetahui pengaruh sengkang spiral yang paling efektif untuk diaplikasikan pada pipa beton. Beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan sengkang spiral tunggal dan ganda pada pipa beton untuk meningkatkan kekuatan tekan yang paling efektif adalah jarak 7.5 cm. Peningkatan kekuatan tekan yang dihasilkan dengan sengkang spiral tunggal hingga 33% dan sengkang spiral ganda hingga 38% dari pipa beton polos.
2. Penambahan sengkang spiral tunggal dan ganda pada pipa beton jarak 15 cm tidak meningkatkan kekuatan tekan secara signifikan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena jarak antar sengkang yang cukup jauh.
3. Penambahan sengkang spiral tunggal dan ganda pada pipa beton membuat pipa beton menjadi lebih daktail. Hal ini ditunjukkan dari penurunan kekuatan yang lebih bertahap daripada pipa beton polos tanpa tulangan.
4. Penambahan sengkang spiral tunggal dan ganda pada pipa beton membuat pola keruntuhan pipa beton tidak terjadi dari atas hingga bawah tetapi terjadi dari atas hingga sekitar tengah-tengah pipa beton.

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan yang tidak menentu dengan penggunaan sengkang spiral maka untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan 3 alat *spinning* sehingga dapat dihasilkan data yang lebih valid dan konstan karena apabila menggunakan 1 alat *spinning*, perlakuan campuran beton antara *spinning* pertama, kedua, dan ketiga akan berbeda.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Budi, G.S., Suseno, P.K., Winata, S.K. (2017). "Spinning Induced Compression Strength of Precast Hollow Concrete Piles." *Civil Engineering Dimension*. Vol. 19, No.2, 99-104.
- Christian, N., Victorious, M. (2017). "Pengaruh Sengkang Luar dan Sengkang Dalam Terhadap kekuatan Tekan Pipa Beton." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Unpublished undergraduate thesis, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Kintarman, Sutedia, S., Budi, G.S., Koentjoro, H. (2017). "Pengaruh Perkuatan Menggunakan Clamp pada Kekuatan Silinder Beton Berongga." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 6, No. 2.
- Pudjisuryadi, P., Tavio. (2012). "*Kinerja Baja Siku Sebagai Elemen Pengekang Eksternal Kolom Beton Bertulang Persegi*." Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Sasmita, Y.N., Hutomo, S., Budi, G.S., Koentjoro, H. (2017). "Pengaruh Steel Fiber Pada Kekuatan Tekan Pipa Beton." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 6, No. 2.
- Tjandra, C., Prasetya, D.E., Budi, G.S., Koentjoro, H. (2017). "Pengaruh Polypropylene Fibres Pada Kekuatan dan Modulus Elastisitas Silinder Beton Berlubang." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. Vol. 16, No. 1.