

Retrofitting Silinder Beton Runtuh Dengan Pengekangan Spiral Pada Kolom Pendek

Mego Purnomo^{1*}, Endah Kanti Pangestuti², Eko Nugroho Julianto³, Moch Husni Dermawan⁴

^{1,2,3,4} Program studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia
megopurnomo73@gmail.com

Artikel dimasukkan: 9-7-2026, Artikel direvisi: 11-8-2026, Artikel diterbitkan: 30-9-2026

Abstrak

Keruntuhan bangunan yang terjadi banyak disebabkan oleh kegagalan struktur memikul beban gempa, terutama elemen struktur kolom. Faktor yang mengakibatkan kegagalan kolom antara lain perancangan kolom tidak memperhitungkan daktilitas atau pengekangan, sehingga kinerja kolom menurun. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan dan daktilitas kolom existing pada struktur bangunan adalah me-retrofit kolom tersebut dengan cara membungkus kolom menggunakan pengekangan spiral. Metode penelitian yang digunakan yaitu retrofitting atau memperbaiki beton yang sudah rusak (runtuh) diameter 10 cm, tinggi 20 cm dengan pengekangan spiral dan selimut mortar. Benda uji berupa silinder beton diameter 15 cm, tinggi 34 cm dengan jumlah total 19 buah. Terdiri dari 6 buah dengan sengkang spiral diameter 4,4 mm berjarak 1 cm, 6 buah dengan sengkang spiral diameter 4,4 mm berjarak 3 cm, 6 buah dengan sengkang spiral diameter 4,4 mm berjarak 5 cm. Serta 1 buah tanpa sengkang sebagai pembanding. Perbaikan beton dilakukan dengan menambahkan selimut setebal 2,5 cm dengan campuran pasir banding semen 1:3 dan FAS 1,0. Pengujian dilakukan dengan uji tekan. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin rapat jarak spiral maka semakin besar kuat tekannya. Mutu beton rata-rata 11,13 MPa dengan penambahan sengkang spiral jarak 5 cm menjadi 19,82 MPa atau 178,08 %. Dengan penambahan sengkang spiral jarak 3 cm menjadi 25,62 MPa atau 230,19 %. Dengan penambahan sengkang spiral jarak 1 cm menjadi 31,50 MPa atau 283,02 %. Dari hubungan antara jarak spiral 1-5 cm dan kuat tekan beton didapatkan sebuah persamaan, yang dituliskan sebagai berikut : $y = 32.584x - 0.290$

Kata kunci : Retrofit Beton Runtuh, Sengkang Spiral, Kuat Tekan Beton

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan dari campuran antara *portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya ronggarongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis. Salah satu perkembangan beton yaitu pembuatan kombinasi antara material beton dan baja tulangan menjadi satu kesatuan konstruksi yang disebut dengan beton bertulang. Beton bertulang banyak diterapkan pada bangunan-bangunan seperti: gedung, jembatan, perkerasan jalan, bendungan, tandon air dan berbagai konstruksi lainnya. Beton bertulang pada bangunan terdiri dari beberapa elemen struktur, misalnya balok, kolom, plat lantai, pondasi, sloof, ring balk, maupun plat lantai. (Ariani, Aditya dan Jamal, 2019)

Beton bertulang sebagai elemen balok atau kolom harus diberi penulangan lentur (memanjang) dan penulangan geser. Penulangan lentur dipakai untuk menahan beban momen lentur yang terjadi pada balok atau kolom. Penulangan geser (seengkang) digunakan untuk menahan pembebanan geser (gaya lintang) yang terjadi pada balok atau kolom. Ada beberapa penulangan geser yaitu seengkang vertikal, seengkang *spiral*, dan seengkang miring. (Ariani, Aditya dan Jamal, 2019).

Kolom adalah merupakan elemen struktur yang dominan terhadap beban tekan. Kolom selain menerima beban tekan biasanya disertai juga dengan beban lentur, oleh karena itu dalam perencanaan kolom harus mampu untuk memikul kombinasi kedua beban tersebut. Kemampuan kolom memikul kombinasi beban aksial dan lentur dapat dibuat dalam bentuk diagram interaksi kolom. (Ariani, Aditya dan Jamal, 2019).

Faktor yang mengakibatkan kegagalan kolom antara lain perencanaan kolom yang tidak memperhatikan daktilitas atau pengeangan, detailing kolom yang kurang baik sehingga kinerja kolom tersebut menurun dari yang direncanakan, salah satu cara untuk meningkatkan daktilitas kolom pada struktur

gedung lama adalah meretrofit kolom tersebut dengan cara meliliti kolom dengan tulangan transfersal yang berfungsi sebagai tulangan pengegang. Namun dalam penelitian ini hanya akan dikaji pengaruh seengkang terhadap kuat tekan beton. (Trisnoyuwono, Lake dan Daga, 2022).

Beton jika ditekan dengan gaya (P) maka akan memampat/memendek sehingga luas penampang menjadi membesar. Dengan adanya pembesaran dan mencapai regangan (ϵ) > 0.03 maka beton akan retak dan pecah. Sebenarnya seengkang selain berfungsi sebagai penahan gaya geser juga dapat menahan gaya horizontal, makin pendek jarak antar seengkang maka akan makin tinggi penahanan gaya horizontal dari seengkang.

Pengekangan (*confinement*) menggunakan tulangan spiral merupakan salah satu metode retrofit yang efektif untuk meningkatkan kapasitas tekan, daktilitas, dan ketahanan deformasi pada kolom beton pendek yang telah mengalami keruntuhan akibat beban aksial maupun kombinasi beban aksial dan lateral. Pada metode ini, beton inti (*core concrete*) dikekang oleh tulangan *spiral* sehingga ekspansi lateral beton akibat efek Poisson selama pembebanan dapat dibatasi. Akibatnya, keruntuhan beton menjadi lebih lambat, kapasitas tekan meningkat, dan perilaku struktur berubah dari getas menjadi lebih daktil. (Firdaningrum dan Purnomo, 2020).

Menurut SNI 2847:2019, kolom dengan tulangan spiral memiliki kapasitas tekan maksimum yang lebih besar dibandingkan kolom dengan seengkang biasa. Dijelaskan bahwa faktor kapasitas aksial maksimum untuk kolom dengan pengekangan spiral sebesar 0,85Po, sedangkan kolom dengan seengkang biasa hanya 0,80Po. Ketentuan tersebut menunjukkan bahwa sistem pengekangan spiral mampu memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap peningkatan kapasitas tekan kolom.

SNI 2847:2019 juga mengatur bahwa rasio volumetrik tulangan *spiral* harus memenuhi persyaratan minimum agar efek pengekangan benar-benar bekerja secara efektif. Persyaratan tersebut didasarkan pada luas beton inti, luas penampang kolom, mutu beton,

serta mutu baja tulangan. Penjelasan pada SNI menyebutkan bahwa jumlah tulangan spiral yang dipersyaratkan dimaksudkan untuk menggantikan kehilangan kekuatan akibat pecahnya beton selimut serta meningkatkan daktilitas kolom. Hasil penelitian yang menjadi dasar penyusunan ketentuan tersebut menunjukkan bahwa kolom dengan tulangan *spiral* mempunyai kemampuan deformasi pasca-puncak (*post-peak behavior*) yang lebih baik dibandingkan kolom dengan sengkang biasa.

Hasil penelitian yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil analisis teoritis untuk mengevaluasi kesesuaian antara perilaku aktual benda uji dengan prediksi berdasarkan teori mekanika beton bertulang dan ketentuan dalam SNI 2847:2019. Perbandingan tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas metode pengekan yang digunakan, baik menggunakan tulangan spiral maupun kombinasi tulangan spiral dengan *fine mesh*, dalam meningkatkan kapasitas tekan, daktilitas, serta kemampuan deformasi kolom.

Secara teoritis, pengekan (*confinement*) pada beton akan menghasilkan tekanan lateral terhadap inti beton sehingga mampu meningkatkan kuat tekan efektif, memperbesar regangan ultimit, serta menunda terjadinya keruntuhan getas. Ketentuan dalam SNI 2847:2019 juga menjelaskan bahwa kolom dengan pengekan spiral memiliki perilaku yang lebih daktil dibandingkan kolom dengan sengkang biasa karena mampu mempertahankan integritas beton inti setelah beton selimut mengalami retak atau terkelupas (*spalling*).

Berdasarkan hasil pengujian eksperimen tal yang dilakukan oleh Ismail (2011), kolom yang diberi pengekan menunjukkan peningkatan kinerja dibandingkan kolom beton polos. Peningkatan tersebut ditunjukkan oleh bertambahnya kapasitas beban, *deformasi* maksimum yang dapat dicapai sebelum keruntuhan, serta kemampuan menyerap energi akibat pembebanan siklik. Hasil tersebut memiliki kecenderungan yang sesuai dengan analisis teoritis, yaitu semakin efektif sistem pengekan yang diberikan, semakin tinggi pula daktilitas dan kapasitas struktur dalam menahan beban.

Dengan demikian, perbandingan antara hasil eksperimen dan analisis teoritis menunjukkan bahwa konsep pengekan beton merupakan metode *retrofit* yang efektif untuk meningkatkan kinerja kolom beton bertulang, terutama pada bangunan eksisting yang memerlukan peningkatan ketahanan terhadap beban gempa.

berdasarkan hubungan tegangan-regangan beton terkekang yang dikembangkan oleh Mander dkk. dapat disimpulkan bahwa *fine mesh* cukup efektif bilamana digunakan sebagai tulangan pengekan pada kolom beton dalam arti meningkatkan daktilitas beton. Ini dibuktikan *fine mesh* pada kolom beton terkekang tulangan spiral yang dibungkus lagi oleh *fine mesh* CCFMS memberi efektifitas pengekan yang setara dengan kolom beton terkekang tulangan *spiral* BJTP CCS dengan perbedaa n rasio tulangan *transversal* s 1323 kuat tekan cc f berbeda 594 regangan beton terkekang cc berbeda 335 dan regangan beton ultimit cu berbeda 268 . Sebaiknya kolom beton yang belum dirancang memikul beban gempa dapat *diretrofit* menggunakan *fine mesh* agar dapat meningkatkan daktilitas dari kolom tersebut. (Prawirawati, Indra dan Nainggolan, 2017).

Dari (Prawirawati, Indra dan Nainggolan, 2017), diatas dapat disimpulkan bahwa *fine mesh* cukup efektif bilamana digunakan sebagai tulangan pengekan pada kolom beton yang dapat meningkatkan daktilitas beton.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan kegiatan penelitian di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNNES. Untuk mendapatkan suatu hasil yang akan menjelaskan hubungan klausa antara variabel-variabel yang akan diselidiki. Dalam penelitian ini yang mempengaruhi kuat tekan adalah besarnya kenaikan beban (P) yang bekerja pada benda uji.

Faktor utama yang di teliti adalah pengaruh jarak sengkang terhadap kuat tekan beton. Faktor yang lain seperti susunan gradasi agregat, kadar lumpur, berat jenis, pembuatan

benda uji, cara pemadatan, perawatan benda uji slump, kualitas air, proses pengerasan digunakan cara-cara standar pada beton umumnya.

ANALISIS DATA

Hasil Pemeriksaan dan Pembahasan Semen

Pemeriksaan semen dilakukan dengan cara visual yaitu semen dalam keadaan tertutup rapat dan setelah dibuka tidak ada gumpalan serta butirannya halus. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa semen yang digunakan dalam kondisi kemasan yang baik dan pada saat dibuka tidak ada gumpalan serta butirannya halus.

Air

Pemeriksaan terhadap air juga dilakukan secara visual yaitu air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa air dari Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang dalam kondisi sesuai persyaratan tersebut sehingga dapat digunakan karena telah memenuhi syarat (SNI ASTM, 2012).

Pasir

1. Berat Jenis

Untuk pemeriksaan berat jenis pasir dilakukan dengan 2 sampel, kemudian diambil rata-rata dari kedua sampel tersebut. Pada kondisi kering didapat berat jenis rata-rata pasir muntiran sebesar $2,63 \text{ kg/m}^3$.

Berat jenis pasir muntiran dipakai termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya antara $2,5 - 2,7 \text{ kg/m}^3$), sehingga dapat dipakai untuk beton normal dengan kuat tekan 15-40 Mpa.

2. Kadar Lumpur

Hasil pemeriksaan kadar lumpur didapatkan sebesar 4,78 %, menurut (SNI ASTM, 2012) kadar lumpur maksimum pasir adalah 5%. Dari hasil pemeriksaan pasir muntiran dapat langsung digunakan sebagai Hasil Uji Kadar Lumpur (Tabel 1).

Tabel 1 Hasil Uji Kadar Lumpur

No	U	Ha	
1.	No Cawan	1	2
2	Berat kering sebelum dicuci (A) (gr)	732,90	840,52
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B) (gr)	695,40	803,23
4	Kadar lumpur ((A)-(B) / A) x 100%	5,12	4,44
Kadar lumpur rata-rata		4,78	

3. Gradasi Pasir

Hasil uji gradasi pasir menurut (SNI ASTM, 2012). Pasir Muntiran termasuk *Zone II* (pasir agak kasar)

4 Senggang Spiral

Senggang spiral yang digunakan adalah tulangan besi polos berdiameter 4.4 mm, pemeriksaan dilakukan secara visual, yaitu tulangan besi tidak dalam kondisi berkarat atau dalam kondisi baik . Banyaknya yang diujikan adalah sebagai berikut :

Tabel 2 Formasi Penulangan Benda Uji

Diameter Spiral (cm)	Tinggi Spiral (cm)	Diameter Tulangan (mm)	Jarak Spiral (cm)	Jumlah Benda Uji
15	34	4,4	Tanpa Spiral	1
15	34	4,4	1	6
15	34	4,4	3	6
15	34	4,4	5	6
Jumlah				19

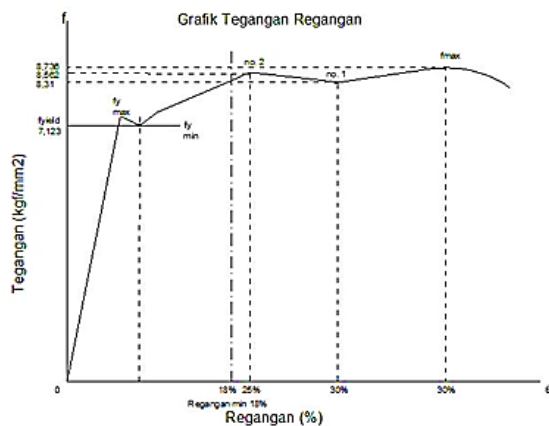
5 Kuat Tarik Baja

Baja adalah logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya. Kuat Tarik baja adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Dari hasil Uji Tarik Baja didapatkan hasil seperti berikut : *teg yield* (F_y) $698,34 \text{ N/mm}^2$, $719,5 \text{ N/mm}^2$, $734,15 \text{ N/mm}^2$.

Tegangan dan Regangan Baja

Sifat fisik batang tulangan baja yang paling penting untuk digunakan dalam perhitungan perencanaan beton bertulang ialah tegangan luluh (f_y) dan modulus elastisitas (E_s). Di dalam perencanaan atau analisis beton bertulang umumnya nilai tegangan luluh baja tulangan diketahui atau ditentukan pada awal

perhitungan. berikut grafik tegangan dan regangan batang tulangan baja berdiameter 4,4 mm :



Gb.1. Tegangan dan Regangan Batang Tulangan Baja

Perencanaan Campuran Mortar

Dalam pembuatan mortar untuk penelitian ini membutuhkan *mix design*. *Mix design* beton adalah pemilihan bahan campuran beton dengan mempertimbangkan kuantitas atau perbandingan dari setiap materialnya agar mencapai kualitas yang disyaratkan, *mix design*.

Bahan susun campuran beton yang dipakai meliputi semen : pasir : kricak. Campuran antara semen : pasir : kricak yaitu 1 : 3 : 1 dengan FAS 1. Berikut tabel pengujian mortar FAS 1 yaitu :

Tabel 3. Hasil Pengujian Mortar

FAS	Berat (kg)	Daya Tekan (kgf)	Fc (N/mm ²)	Fc rata-rata (N/mm ²)
1	11,26	20062,40	11,15	11,28
	11,37	17722,80	9,84	
	10,90	23148,80	12,86	

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Data hasil pengujian kuat tekan beton tanpa sengkang dan beton dengan spiral jarak 1 cm, 3 cm, 5 cm.

Menurut (SNI-1974-2011), Estimasi korelasi kuat tekan silinder beton sebagai berikut :

Tabel 4. Faktor Koreksi Beton

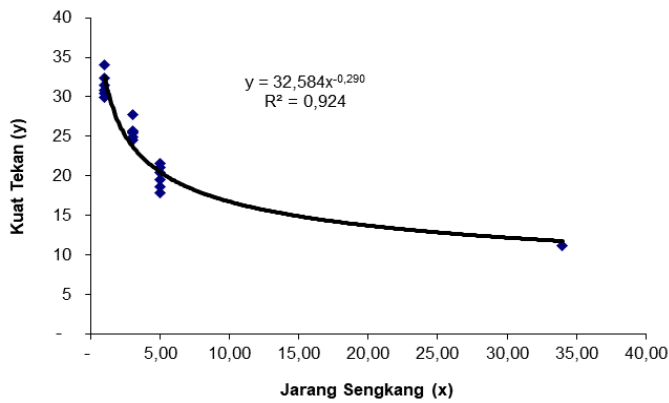
Tinggi Benda Uji	Faktor Koreksi
200	1,04
250	1,02
300	1
340	0,98
350	0,98
400	0,96

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton

N o	Jarak Spiral (cm)	Luas Penampang (cm ²)	Berat (kg)	Daya Tekan (Ton)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan rata-rata (MPa)
1	Tanpa Sengkang	176,63	13,50	20,00	11,13	11,13
2	5,0	176,63	12,80	36,77	20,46	19,82
3	5,0	176,63	12,70	38,83	21,60	
4	5,0	176,63	12,90	32,03	17,82	
5	5,0	176,63	12,80	33,35	18,55	
6	5,0	176,63	12,50	37,73	20,99	
7	5,0	176,63	12,60	35,05	19,50	
8	3,0	176,63	13,20	49,77	27,69	25,62
9	3,0	176,63	13,10	45,72	25,43	
10	3,0	176,63	13,10	45,92	25,55	
11	3,0	176,63	13,00	44,82	24,93	
12	3,0	176,63	13,30	43,97	24,46	
13	3,0	176,63	13,40	46,10	25,65	
14	1,0	176,63	14,00	54,61	30,38	31,50
15	1,0	176,63	13,50	58,12	32,33	
16	1,0	176,63	13,60	55,37	30,80	
17	1,0	176,63	13,70	36,61	31,49	
18	1,0	176,63	13,80	61,27	34,09	
19	1,0	176,63	13,90	53,70	29,87	

Dari tabel di atas menjelaskan bahwa dengan adanya spiral dapat meningkatkan kuat tekan beton dan makin pendek jarak spiral akan makin tinggi kuat tekan beton tersebut. Mutu beton rata-rata 11,13 MPa dapat meningkat menjadi 19,82 MPa dengan penambahan sengkang jarak spiral 5 cm, meningkat menjadi 25,62 MPa dengan penambahan sengkang jarak spiral 3 cm, dan meningkat menjadi 31,50 MPa pada penambahan spiral berjarak 1 cm.

Menurut penelitian ini, grafik hubungan kuat tekan beton dengan jarak spiral 1 cm, 3 cm dan 5 cm sebagai berikut :



Gb.2. Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Jarak Spiral 1 cm, 3 cm dan 5 cm

Tabel 6. Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Dan Jarak Sengkang

Jarak Spiral (cm)	Kuat Tekan rata-rata (kg/cm ²)	Kekuatan (%)
Tanpa Sengkang	11,13	100.00
5	19,82	178.08
3	25,62	230.19
1	31,50	283.02

Selain dari hasil Tabel di atas pengaruh sengkang terhadap kuat tekan beton juga dapat dilihat dari proses kerusakan benda uji. Proses awal kerusakan benda uji terjadi pada selimut beton kemudian setelah beban ditingkatkan kerusakan terjadi pada bagian dalam spiral, hal ini menandakan bahwa bagian yang tidak terselimuti spiral mempunyai kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton yang terselimuti spiral. Kerusakan yang paling besar terjadi pada bagian tengah benda uji karena mempunyai gaya tekan yang paling besar.

Kelangsingan pada Kolom

Perencanaan dari komponen struktur tekan harus didasarkan pada gaya dan momen yang didapat dari analisis struktur yang ditinjau. Analisis tersebut harus memperhitungkan pengaruh dari beban aksial dan variasi dari momen *inersia* pada kekakuan komponen struktur pada momen jepit ujungnya, pengaruh dari lendutan pada momen dan gaya, dan pengaruh dari lamanya pembebanan menurut (SNI 1729-2002, 2002) Untuk komponen struktur tekan tanpa pengaku lateral, atau tidak disokong untuk tertahan ke arah samping, efek

kelangsingan dapat diabaikan apabila memenuhi :

$$\text{kelangsingan} = \frac{klu}{r}$$

dimana :

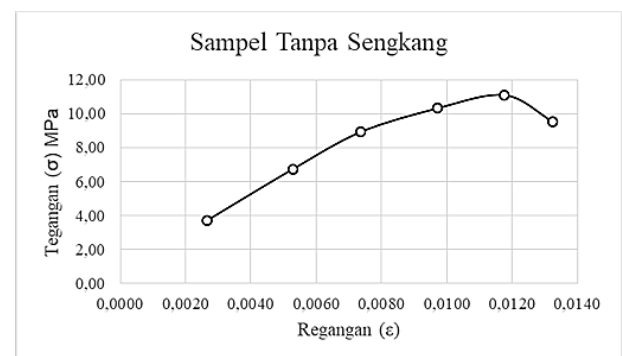
- k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan
- lu = Panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang
- r = Jari-jari putaran (radius gyration)

Ukuran dimensi kolom persegi pada arah beketjanya momen; atau 0,25D, dimana D adalah diameter kolom bulat.

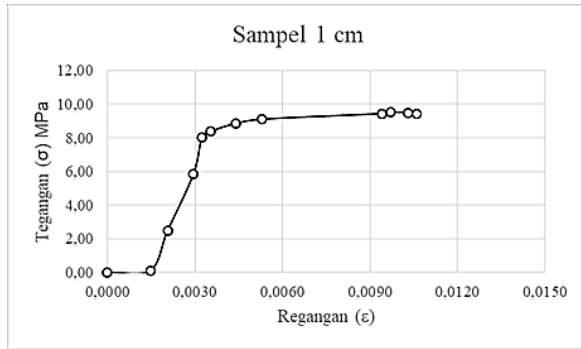
Menurut (SNI 1729-2002, 2002) untuk komponen struktur tekan tanpa pengaku lateral, atau tidak disokong untuk tertahan ke arah samping, efek kelangsingan dapat diabaikan apabila memenuhi kelangsingan kurang dari 22, dari hasil penelitian didapat kelangsingannya yaitu 16,30 yang tergolong kolom pendek.

Modulus Elastisitas Beton

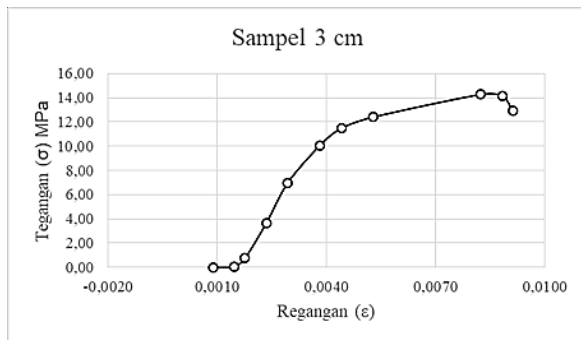
Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Selanjutnya, karena beton memperlihatkan *deformasi* yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban yang kecil, ada beberapa macam definisi untuk modulus elastisitas. Berdasarkan kurva tegangan regangan beton dapat diprediksi perilaku beton ketika diberi beban. Berikut merupakan grafik tegangan-regangan sampel yang telah diuji.



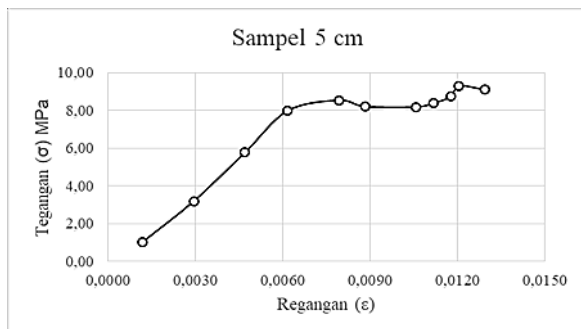
Gb.3. Hubungan Tegangan dan Regangan Tanpa Sengkang.



Gb.4. Hubungan Tegangan dan Regangan Jarak Spiral 1 cm.



Gb.5. Hubungan Tegangan dan Regangan Jarak Spiral 3 cm.



Gb.6. Hubungan Tegangan dan Regangan Jarak Spiral 5 cm

Menurut SNI-03-1726-2002, hasil grafik penelitian tersebut regangan beton sudah sesuai dengan persyaratan yang menyebutkan regangan maksimum 0,03. Sedangkan pada beton normal regangan yang terjadi antara 0,020-0,030.

Regangan Lateral

Regangan lateral merupakan rasio perubahan diameter batang melingkar dari material terhadap diameternya karena tekanan pada arah vertikal, tubuh akan melebar karena tekanan yang diberikan terhadap benda

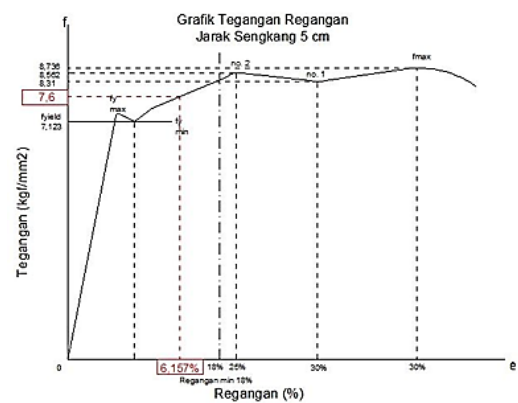
tersebut. Berikut merupakan perhitungan Regangan Lateral yaitu :

Tabel 7. Pengukuran Keliling Benda Uji

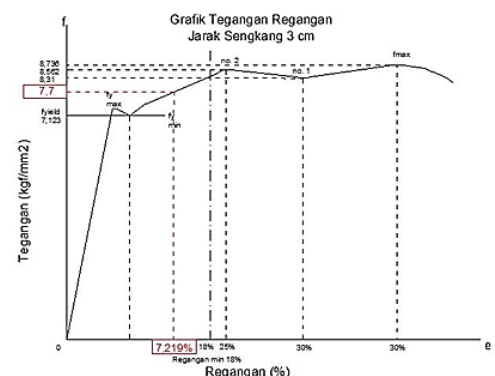
Jarak Spiral	Keliling Sebelum Diuji	Keliling Sesudah Diuji
Tanpa Senggang	41,7	49,8
5		50
3		50,5
1		51

Tabel 8. Perhitungan Regangan Lateral

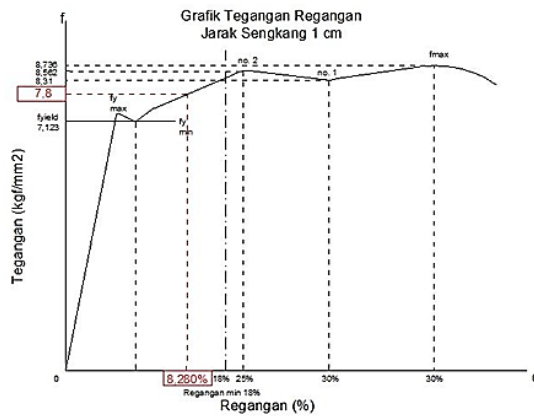
Jarak Spiral	Regangan Lateral (O1-O2)/O2	Regangan Lateral (%)	Tegangan
Tanpa Senggang	0,0573	5,732	7,5
5	0,0616	6,157	7,6
3	0,0722	7,219	7,7
1	0,0828	8,280	7,8



Gb.7. Grafik Tegangan Regangan 5 cm



Gb.8. Grafik Tegangan Regangan 3 cm



Gb.9. Grafik Tegangan Regangan 1 cm

Dari hasil perhitungan regangan lateral didapatkan untuk jarak tanpa *spiral* (34 cm) adalah 0,0573. Jarak spiral 5 cm adalah 0,0616. Jarak spiral 3 cm adalah 0,0722. Jarak *spiral* 1 cm adalah 0,0828.

Tabel 9. Jarak sengkang dengan *Possion Ratio*

Diameter Spiral (mm)	Jarak Spiral (cm)	<i>Poisson Ratio</i> (Penelitian)
4 mm	Tanpa Spiral	0,2276881
	5	0,2281067
	3	0,2294235
	1	0,2306736

Dari penelitian didapatkan hasil pada tabel 9 sebagai berikut :

Tabel 10. *Possion Ratio* Menurut Sutrisno

Serat Baja (mm)	<i>Poisson Ratio</i> (Jurnal)
0 mm	0,2262936
25 mm	0,2376783
50 mm	0,2624827
25 dan 50 mm	0,215622

Besarnya nilai perbandingan antara regangan lateral terhadap regangan longitudinal pada suatu bahan/ material adalah tetap (konstan). Nilai perbandingan inilah yang disebut dengan *rasio poisson* dan dilambangkan dengan “ μ ”. Nilai *rasio poisson* untuk beton berkisar antara 0,15 - 0,25. Apabila regangan di suatu bahan menjadi besar, *rasio poisson*nya berubah. (Kruger dan van der Westhuizen, 2023).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Retrofitting atau memperbaiki beton yang sudah rusak dengan diameter 10 cm tinggi 20 cm, kemudian dililitkan sengkang spiral dengan jarak spiral 1 cm, 3 cm dan 5 cm dengan selimut mortar setebal 2,5 cm serta Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan 1,0. Sehingga dimensi benda uji menjadi diameter 15 cm dan tinggi 34 cm. Bertujuan untuk meningkatkan kuat tekan beton.
2. Sengkang *spiral* selain dapat menahan gaya geser juga dapat meningkatkan kuat tekan beton di dalamnya karena beton didalamnya tertahan oleh sengkang dan semakin rapat maka kuat tekan akan semakin besar, hasilnya sebagai berikut :
 - a) Benda uji tanpa *spiral* menghasilkan kuat tekan sebesar 11,13 MPa.
 - b) Benda uji dengan jarak spiral 5 cm menghasilkan kuat tekan sebesar 19,82 MPa dan meningkatkan kuat tekan sebesar 178,08 % dibandingkan dengan tanpa *spiral*.
 - c) Benda uji dengan jarak spiral 3 cm menghasilkan kuat tekan sebesar 25,62 Mpa dan meningkatkan kuat tekan sebesar 230,19 % dibandingkan dengan tanpa *spiral*.
 - d) Benda uji dengan jarak spiral 1 cm menghasilkan kuat tekan sebesar 31,50 MPa dan meningkatkan kuat tekan sebesar 283,02 % dibandingkan dengan tanpa *spiral*.
3. Pada penelitian ini Faktor Air Semen (FAS) yang baik digunakan yaitu 1 dan perbandingan antara semen dan pasir yaitu 1 : 3.
4. Hubungan kuat tekan perbaikan metode sengkang spiral terhadap jarak tanpa spiral, jarak spiral 1 cm, jarak spiral 3 cm dan jarak spiral 5 cm adalah sebagai berikut :

$$y = 32.584x - 0.290$$
 Dimana :
 - y = Kuat tekan beton (MPa)
 - x = Jarak spiral (cm)
5. Pola keruntuhan yang terjadi pada beton tidak linier, tapi bermacam – macam kerun-

tuhan yang terjadi. Keruntuhan beton yang terjadi pada penelitian ini yaitu beton mengalami retak atau pecah. Metode *retrofit* dengan jarak spiral yang diberikan, maka hal ini dapat memperbaiki beton yang sudah rusak dan memiliki kuat tekan sesuai dengan jarak spiral yang diberikan.

Saran

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada penelitian ini baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran- saran sebagai berikut :

1. Perlu diadakan penelitian beton tentang pengaruh spiral terhadap kuat tekan beton karena pengujian menggunakan beton dengan pengekanan spiral belum diteliti lebih lanjut.
2. Perlu diadakan penelitian penyempurnaan dengan tambahan pengujian terhadap regangan karena penelitian spiral menggunakan tulangan besi ulir dengan variasi diameter perlu diuji lebih lanjut.
3. Karena besi belum leleh, jadi regangan besi belum optimal. Kehancuran beton yang diteliti hanya akibat beban kuat tekan beton. Maka perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan memperbesar jarak hingga mendapatkan regangan besi yang optimal.
4. Potensi pengembangan penelitian selanjutnya yaitu tentang ductile atau beton serat terhadap kuat tekan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, I., Aditya, M.R. dan Jamal, M. (2019) "Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil (Studi Kasus Gedung Dealer Honda Astra Kota SAMARINDA) Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Sipil," *Jurnal Teknologi Sipil*, 300, hal. 29–38.
- Firdaningrum, A. dan Purnomo, M. (2020) "Perbaikan Total Strength Loss pada Kolom dengan Penyekangan Metode Spiral," hal. 95–100.
- Kruger, J. dan van der Westhuizen, J.P. (2023) "Investigating the Poisson Ratio of 3D Printed Concrete," *Applied Sciences (Swit-*

zerland), 13(5).

- Prawirawati, R., Indra, S. dan Nainggolan, T.H. (2017) "Perkuatan Kolom Beton Bertulang Persegi Dengan," 1, hal. 39–45.
- SNI-1974-2011 (tanpa tanggal) "Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.pdf."
- SNI 1729-2002 (2002) "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung," *Badan Standarisasi Nasional*, hal. 215.
- SNI ASTM, C. (2012) "SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar," *Badan Standardisasi Nasional*, hal. 1–24.
- Trisnoyuwono, D., Lake, A.G. dan Daga, W.M. (2022) "Kajian Teknis Terhadap Kegagalan Struktur Gedung KPPTSP Di Kota Ruteng, Kabupaten Manggarai," *JUTEKS : Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), hal. 36.