

PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL (PASIR LANGKAP) SEBAGAI CAMPURAN AGREGAT HALUS BETON MUTU NORMAL DITINJAU DARI TEGANGAN-REGANGAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN SENGGANG

Luthfi Sagiari dan Sutikno

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memahami apakah pasir langkap memenuhi syarat dari Kent-Park apabila digunakan sebagai bahan beton dengan menggunakan sengkang, serta untuk mengetahui dan memahami karakteristik tegangan regangan beton terkekang yang menggunakan pasir langkap sebagai campuran agregat halus beton mutu normal. Penelitian ini termasuk penelitian eksperimen yang menganalisis karakteristik tegangan-regangan pada beton mutu normal yang ditambahkan pasir langkap sebanyak 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm dengan masing – masing campuran berjumlah 3 benda uji baik yang menggunakan sengkang maupun tanpa sengkang. Pengujian tegangan-regangan dengan cara memberi beban pada benda uji beton silinder sampai mencapai kondisi failure (inelastis). Dari keseluruhan penelitian ini, regangan tidak ada yang memenuhi syarat yang telah ditentukan (Syarat Kent-Park, regangan = 0,002) baik yang menggunakan sengkang maupun tanpa menggunakan sengkang. Namun bila menggunakan syarat dari SNI yaitu regangan = 0.003 masih bisa terpenuhi yaitu diatas $f_c' = 19.73$ MPa. Dari hasil percobaan didapat adanya peningkatan f_c rata-rata sebesar 12,51% beton memakai sengkang terhadap beton tanpa sengkang. f_c' optimum beton tanpa sengkang tercapai pada penambahan pasir langkap 20%, sedangkan f_c' optimum beton menggunakan sengkang tercapai pada penambahan pasir langkap 20%.

Kata kunci: Pasir Langkap, Tegangan-Regangan, Kent-Park, Syarat SNI

Black sand is the main material in the manufacture of concrete or in the development of a building. As the basis of the development of building material, black sand is very difficult to get in Madura. Black sand is very expensive in Madura because it has to be shipped from Java. According to Syaiful Rohim (2002) research on the sand Langkap BANGKALAN Madura used as a material base material for paving stone, it should be regarded as in the quality of category B (can be used for parking lot). But what if Langkap Sand is used as a concrete base? This is done as an effort to overcome the scarcity of black sand in Madura Island and this study is also able to take advantage of local materials as concrete base material. This research is an experimental study that analyzes the stress-strain characteristics in normal strength concrete sand of steps that added as much as 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%. Specimens made cylindrical with a diameter of 15cm and height 30cm with each - each mixture consists of 3 test specimens either use stirrups or no stirrups. The stress-strain is tested by giving load on cylindrical concrete specimen until it reaches the 'failure' condition (inelastic).

The whole research showed no stretch that meet the specified conditions (Conditions Kent-Park, stretching = 0.002) either using a hyphen or dash. However, when SNI standard is applied which is stretching = 0.003 can still be fulfilled that is above $f_c' = 19.73$ MPa. From the experiment results showed f_c increase an average of 12.51% concrete with crossbar against concrete without crossbar. f_c' optimum concrete without the addition of crossbar is attained by adding 20% Langkap sand, while f_c' optimum concrete using crossbar is reached at the additional 20% of Langkap sand.

Keyword: Johor Sand, Voltage-Stretch, Kent-Park, the SNI Terms.

PENDAHULUAN

Pembangunan di Indonesia saat ini diarahkan pada bidang fisik dan non fisik, hal ini wajar karena dalam rangka terciptanya kualitas hidup manusia Indonesia agar lebih maju dan mandiri. Pembangunan non fisik misalnya meliputi bidang pendidikan, kerukunan beragama, mental spiritual dll, sedang pembangunan fisik misalnya pembangunan perumahan, jembatan, tata ruang wilayah daerah serta fasilitas umum lainnya. Tetapi tidak semua daerah di Indonesia mempunyai kekayaan alam penunjang pembangunan fisik yang dapat menunjang pembangunan bidang fisik tersebut. Seperti di Pulau Madura, pasir hitam sebagai material bahan dasar pembangunan bangunan sangat sulit didapatkan maka pasir hitam di Pulau Madura sangat mahal harganya karena harus mendatangkan dari Pulau Jawa. Dari hasil survey harga pasir hitam di Pulau Madura mencapai dua kali harga di Pulau Jawa. Hal ini secara otomatis mempengaruhi nilai ekonomis suatu bangunan (menjadi tidak efisien).

Pasir Langkap adalah pasir lokal dari desa Langkap, Bangkalan Madura. pasir ini biasa dipakai oleh masyarakat sekitar sebagai bahan pengganti pasir hitam dari pulau Jawa. Hasil penelitian Syaiful Rohim (2002) tentang pasir Langkap Bangkalan Madura yang dipakai sebagai material bahan dasar paving stone, menunjukkan paving stone tersebut masuk dalam kategori mutu B (dapat digunakan untuk pelataran parkir). Tetapi bagaimana jika Pasir Langkap tersebut digunakan sebagai bahan dasar beton? Hal ini dilakukan dalam upaya mengatasi kelangkaan pasir hitam di Pulau Madura dan penelitian ini juga berupaya memanfaatkan material lokal sebagai material dasar beton. Pendidikan pada hakikatnya merupakan salah satu kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia yang berfikir bagaimana menjalani kehidupan dunia ini dalam rangka mempertahankan hidup.

KAJIAN PUSTAKA

A. Pasir Langkap

Pasir langkap adalah pasir lokal yang berasal dari kabupaten bangkalan Madura. Pasir ini biasa dipakai masyarakat sekitar untuk bahan bangunan pengganti pasir hitam yang berasal dari pulau Jawa. Masyarakat sekitar biasa menggunakan pasir lokal karena harganya lebih terjangkau dan lebih mudah didapat. Dibawah ini adalah analisis pasir langkap yang berasal dari kabupaten bangkalan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Analisa Pasir Langkap

Jenis pemeriksaan	Hasil
Analisa ayakan	Zona 3
Modulus halus	2,3315
Kadar lumpur %	4,8000
Berat isi (gram/cm ³)	1,3400
Berat jenis (gram/cm ³)	3,7330
Penyerapan	10,980

B. Bahan Bahan Penyusun Beton

1. Semen Portland
2. Agregat
3. Air

C. Tegangan-Regangan Beton

Tegangan-regangan dapat dicontohkan dengan meninjau sebuah batang prismatis yang mengalami gaya aksial. Batang prismatis adalah sebuah elemen struktur lurus yang mempunyai penampang konstan diseluruh panjangnya, dan gaya aksial adalah beban yang mempunyai arah sama dengan sumbu elemen, sehingga mengakibatkan terjadinya tarik atau tekan pada batang.

1. Tegangan Normal

Tegangan adalah Intesitas gaya (gaya per satuan luas). Gaya P yang bekerja dipenampang adalah resultan dari tegangan yang terdistribusi kontinu. Dengan mengasumsikan bahwa tegangan terbagi rata, maka dapat dilihat bahwa resultannya harus sama dengan intensitas σ dikalikan dengan luas penampang A dari batang tersebut. Dengan demikian diperoleh rumus berikut untuk menyatakan besar tegangan. Dengan :

$$\sigma = P / A$$

$$\sigma = \text{Tegangan (N/m}^2\text{)}$$

$$P = \text{Gaya / beban yang diberikan (lb atau N)}$$

$$A = \text{luas penampang bahan sebelum dibebani (in}^2\text{ atau m}^2\text{)}$$

2. Regangan Normal

Suatu batang lurus akan mengalami perubahan panjang apabila dibebani secara aksial, yaitu menjadi panjang jika mengalami tarik dan menjadi pendek jika mengalami tekan. Perpanjangan per satuan panjang disebut regangan, yang dinyatakan dengan simbol ϵ (epsilon) dan dihitung dengan persamaan:

$$\epsilon = \delta / L, \text{ dengan:}$$

$$\epsilon = \text{Regangan}$$

$$\delta = \text{pemendekan / pemanjangan batang setelah ditekan}$$

$$L = \text{Panjang batang}$$

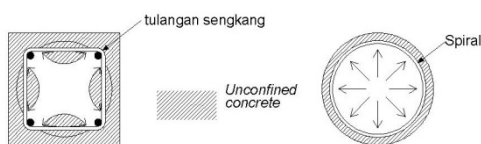
3. Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Tegangan-Regangan Beton

Faktor – faktor yang mempengaruhi besarnya rangkai dan susut dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Sifat bahan dasar beton (komposisi dari kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat).
- Rasio air terhadap jumlah semen (water cement ratio).
- Suhu pada saat pengerasan (themperature).
- Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (humidity).
- Umur beton pada saat beban bekerja.
- Nilai slump (slump test).
- Lama pembebanan.
- Nilai tegangan.

D. Pengekangan Pada Beton

Pengekangan pada beton dapat berupa tulangan sengkang yang berbentuk persegi atau bulat. Sengkang ini berfungsi untuk mengurangi bahaya pecah (*splitting*) beton yang dapat mempengaruhi daktilitas penampang beton bertulang. Penampang yang diberi tulangan melintang (transversal), berbentuk sengkang persegi, bulat atau spiral akan meningkatkan kekuatan serta daktilitas beton. Lilitan sengkang bulat atau spiral memberikan tekanan kekang di sekeliling penampang. Sedangkan sengkang persegi hanya memberikan gaya kekang di daerah sudut karena tekanan pada sisi sengkang ini cenderung membengkokkan bagian ujung sengkang ke arah luar. Meskipun tidak sebaik lilitan spiral, sengkang persegi juga memberikan peningkatan kekuatan dan daktilitas pada beton, untuk itulah telah diadakan berbagai modifikasi bentuk sengkang persegi untuk meningkatkan kemampuan kekangnya.



Gambar 1. Pengekangan Pada Beton

E. Syarat Pengekangan Beton Menurut SNI 2002

- Pada seluruh tinggi kolom harus dipasang tulangan transfersal
- Spasi maksimum tulangan transfersal:
 - ¼ dari tulangan terkecil
 - 8 x diameter tulangan memanjang
 - 100 mm
- Jarak maksimum tulangan longitudinal 15 cm
- Rasio volumetric sengkang persegi

$$A_{sh} = 0,3 . s . h_c . \frac{f'_c}{f_{yh}} . \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 . s . h_c . \frac{f'_c}{f_{yh}}$$

A_{sh} = Luas total penampang tulangan sengkang (hoop),

S = Jarak sengkang,

H_c = Penampang kolom terkekang diukur antar garis tengah tulangan sengkang,

A_g = Luas bruto penampang kolom

A_{ch} = Luas penampang kolom terkekang diukur antar sisi luar sengkang,

f_{yh} = Kuat leleh tulangan sengkang, tidak boleh lebih dari 400 MPa

- Rasio volumetric spiral atau tulangan sirkular ρ_s tidak boleh kurang dari:

$$\rho_s = 0,45 . \frac{\left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) f'_c}{f_y}$$

f_y tulangan sengkang tidak boleh lebih dari 400 MPa

F. Syarat Kolom Menurut ACI 318-95

- Batasan rasio tulangan memanjang : $1\% \leq \rho_t \leq 6\%$
- Mempunyai gaya tekan aksial: $P > 0,10 . A_g . f'_c$.
- Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 batang tulangan didalam sengkang ikat segiempat atau lingkaran, 3 batang tulangan didalam sengkang ikat segitiga, dan 6 batang tulangan yang dikelilingi oleh spiral.
- Dimensi penampang terpendek, diukur pada satu garis lurus yang melalui titik berat penampang, tidak boleh kurang dari 300mm
- Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh kurang dari 0,4

f. Panjang efektif dari komponen struktur tekan:

- Untuk komponen struktur yang ditahan terhadap goyangan kesamping, factor panjang efektif k harus diambil sama dengan 1,0 ; kecuali bila analisis menunjukkan bahwa suatu nilai yang lebih kecil boleh digunakan
- Komponen struktur tekan yang tidak ditahan terhadap goyangan kesamping, faktor panjang efektif harus ditentukan dengan mempertimbangkan pengaruh dari keretakan dan tulangan terhadap kekuatan relatif, dan harus lebih besar dari 1,0.

g. Radius girasi:

Pada komponen struktur tekan persegi, radius girasi r boleh diambil sama dengan 0,3 x dimensi total dalam arah stabilitas yang ditinjau, dan sama dengan 0,25 x diameter untuk komponen struktur tekan bulat. Untuk bentuk penampang lainnya, r boleh dihitung dari penampang beton bruto.

h. Pengaruh kelangsingan:

- Untuk komponen struktur tekan yang ditahan terhadap goyangan kesamping, pengaruh dari kelangsingan boleh diabaikan kanbila:

$$\frac{k \cdot lu}{r} < 34 - 12 \cdot \left(\frac{M_1}{M_2} \right)$$

- Untuk komponen struktur tekan yang tidak ditahan terhadap goyangan kesamping, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan bila:

$$\frac{k \cdot lu}{r} < 22$$

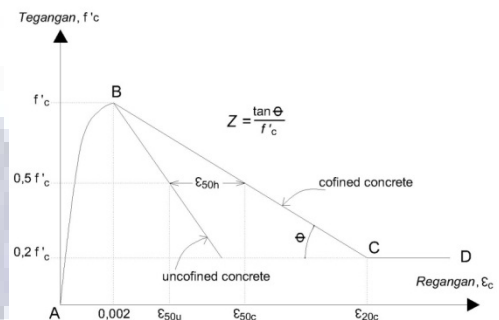
G. Efek Pengekangan Pada Tegangan-Regangan Beton

Telah banyak dilaporkan dari hasil penelitian bahwa akibat pengekangan pada beton dapat meningkatkan tegangan aksial dan daktilitas struktur. Hal ini disebabkan adanya gaya lateral tekan yang diberikan oleh kekangan pada beton. Selain itu tegangan lateral yang bekerja pada beton juga akan meningkatkan daktilitas beton. Deformasi lateral beton yang mulai mengalami retak akan terhambat oleh adanya tekanan transversal kekangan sehingga kurva tegangan-regangan beton terkekang yang dihasilkan umumnya menunjukkan penurunan yang lebih landai pada regim pasca puncak.

Penggunaan kekangan (confinement) pada inti beton dimaksudkan agar bisa meningkatkan daktilitas. Kekangan yang ditimbulkan oleh tulangan transversal tersebut dipengaruhi antara lain oleh presentase tulangan transversal (kekangan), kuat tekan leleh tulangan transversal, kuat tekan beton, spasi tulangan transversal, konfigurasi tulangan transversal

H. Teori Tentang Efek Pengekangan Pada Beton

1. Tegangan Regangan Beton Modified Kent & Park (Park, 1966



Gambar 2. Tegangan-Regangan Modified Kent & Park

Pada kurva tersebut dapat dilihat karakteristiknya sebagai berikut:

Daerah AB : $\epsilon_c \leq 0,002$

$$f_c = f'_c \left[\frac{2 \cdot \epsilon_c}{0,002} - \left(\frac{\epsilon_c}{0,002} \right)^2 \right]$$

Daerah BC : $0,002 \leq \epsilon_c < \epsilon_{20c}$

$$f_c = f'_c [1 - Z (\epsilon_c - 0,002)]$$

Tetapi tidak lebih kecil dari $0,2 \cdot f'_c$

$$Z = \frac{0,5}{\epsilon_{50u} + \epsilon_{50uh} + 0,002}$$

$$\epsilon_{50uh} = \frac{3 + 0,002 \cdot f'_c}{f'_c - 1000}$$

$$\epsilon_{50uh} = \frac{3}{4} \cdot \rho_s \cdot \sqrt{\frac{b''}{s_h}}$$

Dimana:

- f'_c = Kekuatan silinder beton dalam psi
- ρ_s = Perbandingan volume tulangan melintang terhadap inti beton yang diukur terhadap bagian luar sengkang
- b'' = Lebar inti kekangan diukur terhadap bagian luar sengkang
- s_h = Jarak sengkang

2. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton diukur dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150mm dan tinggi 300mm, bila benda uji memakai kubus, maka konversi terhadap kekuatan silinder harus dilakukan dengan rumus:

$f'c = [0,76 + 0,20 \log (f_{ck}/15)]f_{ck}$
untuk beton > 20 MPa, perbandingan campuran berdasarkan teknik penakaran berat.

3. Baja Tulangan

Tulangan untuk beton harus selalu menggunakan baja tulangan deform, sedang baja tulangan polos hanya boleh dipakai untuk tulangan spiral atau sengkang

4. Pembuatan Kurva Regresi

Kurva regresi sebenarnya ingin mengetahui dari data yang kita amati, dan meramalkan sesuatu yang kita inginkan dari data yang kita amati. Dalam analisis regresi menurut Kreyszig (1993) salah satu perubahan x dapat dipandang sebagai peubah biasa, yaitu dapat diukur tanpa kesalahan yang berarti, sedangkan peubah yang lain y adalah suatu peubah acak. Fenomena dari $x_1, 2, 3, \dots, n$ dan $y_1, 2, 3, \dots, n$ yang diamati (eksperimen) akan membentuk $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_n, y_n)$

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian pemanfaatan material lokal (pasir langkap) sebagai campuran agregat halus beton mutu normal ditinjau dari tegangan-regangan beton dengan menggunakan sengkang merupakan jenis penelitian eksperimen.

Proses eksperimen pada penelitian ini adalah dengan membuat campuran beton dengan menggunakan pasir hitam yang dianggap sebagai kelompok kontrol dan komposisi campuran beton menggunakan pasir langkap dengan takaran tertentu sebagai kelompok eksperimen atau pembanding.

B. Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Komposisi penambahan pasir langkap terhadap pasir hitam secara bertahap mulai dari

20%, 40%, 60%, 80% dan 100% dan Pemakaian sengkang terhadap benda uji.

Variabel terikat dari penelitian ini adalah pengujian tegangan-regangan pada beton dengan bahan yang telah dicampur dengan pasir langkap.

Variabel kontrol disini adalah 1) Uji kuat tekan beton memakai mesin UTM kapasitas 250.000 KN. 2) Uji perpendekan beton memakai dial guage kapasitas 50 mm. 3) Uji tarik baja tulangan memakai mesin UTM. 4) pengujian $\sigma - \epsilon$ memakai mesin UTM kapasitas 250.000 KN.

C. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode studi literatur, observasi, dan pengujian.

D. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa pemeriksaan benda uji. Beton dibuat dengan memperhatikan peraturan-peraturan yang berlaku kemudian diuji untuk mengetahui kualitasnya. Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari:

1. Lokasi penelitian

Lokasi Penelitian, pembuatan benda uji maupun pengujian benda uji beton dengan campuran pasir langkap dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil UNESA

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan beton ini adalah:

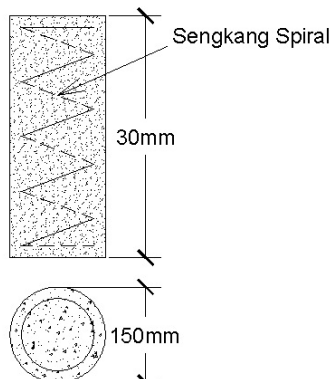
- Portland Cement* (PC) tipe 1 yang di produksi PT. Semen Gresik.
- Pasir hitam.
- Pasir langkap dari Bangkalan Madura.
- Air untuk campuran adalah PDAM.
- Besi polos ϕ 5,5 mm

3. Peralatan Pengujian

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bekisting kubus dan silinder
- Timbangan berat dengan ketelitian 1 gram
- Mesin UTM (Universal Testing Machine) dengan kapasitas 250.000 Kn
- Mesin pengaduk beton dengan kapasitas $0,075m^3$
- Mesin tarik baja
- Vibrator

- g. Dial guage untuk pengukuran lendutan
 - h. Mistar ukur
4. Rincian dan *set up* benda uji



Gambar 3. Penulangan Benda Uji



Gambar 4. *Set Up* Benda Uji

5. Langkah – Langkah Pengujian
- a. Melakukan pengujian tentang bahan (agregat) untuk beton mutu normal yang harus memenuhi syarat ACI & ASTM kemudian membuat rencana mix design.
 - b. Uji kuat tekan beton dengan melakukan uji silinder.
 - c. Melakukan uji mutu baja yang akan digunakan sebagai tulangan sengkang spiral.
 - d. Membuat spesimen benda uji silinder.
 - e. Setelah proses pengecoran (benda uji berumur 24 jam), bekisting dibuka kemudian diadakan perawatan dengan cara direndam selama 28 hari.
 - f. Setelah beton berumur 28 hari, benda uji diangkat dan dijamin mencapai kering udara dan siap diadakan pengujian dengan memberi beban pada benda uji menggunakan mesin UTM.

- g. Melakukan pembebanan pada benda uji sampai mencapai kondisi failure (inelastis).
- h. Mencatat data yang ditunjukkan dari mesin UTM yang nantinya data tersebut akan digunakan sebagai dasar perhitungan tegangan-regangan dan beban pada kondisi elastis dan inelastic.

6. Proses Penafsiran Data Hasil Eksperimen
- a. Persamaan dibawah ini akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan persamaan hubungan tegangan-regangan hasil penelitian, dengan target akhir untuk mendapatkan besarnya nilai regangan beton.
 - b. Hubungan tegangan-regangan beton terkekang dapat disajikan secara sederhana seperti persamaan berikut Kent & Park (Park, 1966)

- Daerah AB : $\epsilon_c \leq 0,002$

$$f_c = f'_c \left[\frac{2 \cdot \epsilon_c}{0,002} - \left(\frac{\epsilon_c}{0,002} \right)^2 \right]$$

- Daerah BC : $0,002 \leq \epsilon_c < \epsilon_{20c}$
 $f_c = f'_c [1 - Z (\epsilon_c - 0,002)]$

HASIL PENELITIAN

1. Semen

Hasil pengujian semen dianggap telah memenuhi SNI 15-7064-2004 karena semen yang dipakai adalah semen portland jenis I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik.

2. Pasir

Hasil pengujian pasir, Berat jenis kering permukaan (SSD) = 2,72 gram/cc ini menunjukkan bahwa pasir cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2,0-3,0 gram/cc dan penyerapan = 4,61 % cukup baik karena dibawah 5%.

3. Pasir Langkap

Hasil pengujian pasir langkap adalah Hasil kadar lumpur = 4,8 % < 5% maka memenuhi persyaratan, pasir dapat langsung dipergunakan dalam pengecoran beton karena tidak melebihi 5%.

4. Kerikil

Menurut hasil pengujian dilapangan adalah Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) = 2,61 gram/cc ini menunjukkan bahwa kerikil cukup baik karena mempunyai berat jenis antara 2,0-3,0 gram/cc dan

penyerapannya = 4,7 % cukup baik karena antara 1-5%.

5. Air

Air yang digunakan sebagai bahan campuran pembuatan benda uji adalah air PDAM dan tidak dilakukan penelitian secara khusus karena dianggap telah memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton

6. Mix Design

- a. **20%** : 6 kg SM ; 3,6 L air ; 9,12 kg PH ; 2,28 kg PL ; 17 kg KR
- b. **40%** : 6 kg SM ; 3,6 L air ; 6,84 kg PH ; 4,56 kg PL ; 17 kg KR
- c. **60%** : 6 kg SM ; 3,6 L air ; 4,56 kg

PL	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
0%	12.63	0.002	X	X
	16.57	0.003	X	X
	19.73	0.005	X	X

PH ; 6,84 kg PL ; 17 kg KR

- d. **80%** : 6 kg SM ; 3,6 L air ; 2,28 kg PH ; 9,12 kg PL ; 17 kg KR
- e. **100%** : 6 kg SM ; 3,6 L air ; 11,4 kg PH ; 17 kg KR

7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

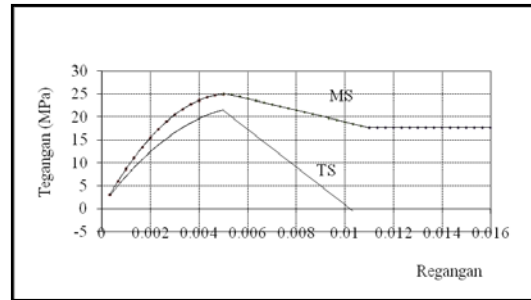
Tabel 2. Hasil pengujian beton tanpa sengkang

No	tanpa sengkang (MPa)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
1	14,1 542	22,0 240	20, 721	18, 796	15, 607	16, 079
2	23,0 431	22,3 071	20, 155	19, 136	14, 437	15, 513
3	22,0 240	22,1 939	22, 420	18, 117	14, 097	15, 626
Ra	19,7	22,1	21, 099	18, 683	14, 680	15, 739
ta2	405	750				

Tabel 3. Hasil pengujian beton menggunakan sengkang

No	menggunakan sengkang (MPa)					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
1	23, 43	24,9 1	23,5 5	21,6 2	17,8 3	16,9 8
2	23, 09	24,9 1	21,8 5	21,4 5	15,8 3	18,9 4
3	22, 53	25,0 2	23,7 7	25,0 2	16,3 0	16,4 1
Ra	23, 02	24,9 492	23,0 620	22,7 034	16,6 578	18,4 503
ta2						

8. Hasil Pengujian Tegangan-Regangan Beton



Grafik 4.3. Perbandingan Tegangan-Regangan Benda Uji Pasir Langkap 20% Menggunakan Sengkang dengan Benda Uji Pasir Langkap 20% Tanpa Sengkang menurut rumus Kent-Park.

PEMBAHASAN

1. Hasil Pembacaan Grafik Dari Pengujian Tegangan-Regangan Beton

A. Beton Normal Tanpa Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 12.63 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($12.63 \text{ MPa} < 19.73 \text{ MPa}$). Apabila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 16.57 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

B. Beton Normal Dengan Sengkang

PL	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
0%	12.8	0.002	X	X
	20	0.003	√	X
	23,02	0.005	X	X

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 12,8 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($12,8 \text{ MPa} < 19.73 \text{ MPa}$). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 20 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini telah memenuhi syarat.

C. Pada Beton Dengan 20% Pasir

PL40%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	13,06	0.002	X	X
	17	0.003	X	X
	23,06	0.005	X	X

Langkap Tanpa Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 11,33 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($11,33$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 15,3 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat

D. Pada Beton Dengan 20% Pasir Langkap Menggunakan Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 12,4 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($12,4$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan

PL40%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	10,63	0.002	X	X
	14,36	0.003	X	X
	21,09	0.005	X	X

sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 20,23 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini telah memenuhi syarat.

E. Pada Beton Dengan 40% Pasir Langkap Tanpa Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 10,63 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($10,63$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 14,36 MPa, artinya

dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

PL20%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	11,33	0.002	X	X
	15,3	0.003	X	X
	22,17	0.005	X	X

F. Pada Beton Dengan 40% Pasir Langkap Menggunakan Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 13,06 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($13,06$ MPa < 19.73 MPa).

PL20%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	12,4	0.002	X	X
	20,23	0.003	✓	X
	24,94	0.005	X	X

Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 17 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

G. Pada Beton Dengan 60% Pasir Langkap Tanpa Sengkang

PL60%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	9,46	0.002	X	X
	12,3	0.003	X	X
	23,06	0.005	X	X

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 9,46 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($9,46$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 12,3 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

H. Pada Beton Dengan 60% Pasir Langkap Dengan Sengkang

PL100%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	6,63	0.002	X	X
	10,67	0.003	X	X
	16,32	0.005	X	X

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 13,633 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa (13.633 MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 17,27 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

I. Pada Beton Dengan 80% Pasir Langkap Tanpa Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 6,8 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($6,8$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI

PL80%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	8	0.002	X	X
	11,8	0.003	X	X
	16,32	0.005	X	X

dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 10,13 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat

J. Pada Beton Dengan 80% Pasir Langkap Dengan Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 8 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa (8 MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 11,8 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat

PL60%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	13,63	0.002	X	X
	17,27	0.003	X	X
	22,70	0.005	X	X

K. Pada Beton Dengan 100% Pasir Langkap Tanpa Sengkang

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 6,633 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu

PL80%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	6,8	0.002	X	X
	10,13	0.003	X	X
	14,38	0.005	X	X

$f_c' = 19.73$ MPa ($6,633$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 10,67 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

L. Pada Beton Dengan 100% Pasir Langkap Dengan Sengkang

PL100%	σ (MPa)	ϵ	Syarat	
			SNI	Kent-Park
	8,5	0.002	X	X
	11,6	0.003	X	X
	16,117	0.005	X	X

Dari data di atas terlihat bahwa belum memenuhi syarat Kent-Park, karena saat regangan mencapai 0,002 tegangan baru mencapai 8,5 MPa, tegangan ini lebih rendah dari tegangan rencana yaitu $f_c' = 19.73$ MPa ($8,5$ MPa < 19.73 MPa). Dan bila menggunakan syarat dari SNI dimana regangan beton di perencanaan sebesar 0,003, dalam percobaan didapat tegangan sebesar 11,6 MPa, artinya dengan syarat SNI percobaan ini masih belum memenuhi syarat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari analisis yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari keseluruhan penelitian ini, regangan yang didapat tidak ada yang memenuhi syarat Kent-Park (Regangan : 0,002) baik benda uji tanpa menggunakan sengkang ataupun benda uji dengan menggunakan sengkang. Namun apabila menggunakan syarat dari SNI T-15-1991-03 (Regangan : 0,003) masih dapat terpenuhi yaitu $f_c' = 19.73$ MPa.
2. Tegangan beton tanpa sengkang meningkat hingga mencapai 12,33 % dari tegangan yang awal pada penambahan pasir langkap 20 %, kemudian pada campuran berikutnya tegangan beton mengalami penurunan dari tegangan optimum.
3. Tegangan beton menggunakan sengkang meningkat mencapai 8,36 % dari tegangan yang awal pada penambahan pasir langkap 20 %, kemudian pada campuran berikutnya tegangan beton mengalami penurunan dari tegangan optimum
4. Dari pengujian yang dilakukan kuat tekan optimum pada benda uji menggunakan sengkang dengan penambahan pasir langkap 20% dengan kuat tekan sebesar 24,9492 MPa. sedangkan untuk benda uji tanpa sengkang, kuat tekan optimum pada pasir langkap 20% yaitu sebesar 22,1750 MPa.
5. Dari hasil percobaan didapat adanya peningkatan kuat tekan memakai sengkang terhadap kuat tekan tanpa sengkang (rata-rata sebesar 15,11%).
6. Kuat tekan optimum beton tanpa sengkang dan dengan sengkang sama – sama tercapai pada penambahan pasir langkap 20%

Saran

Untuk kesempurnaan dalam penelitian selanjutnya, dengan ini peneliti mengharapkan:

1. Pada pengujian diharapkan ketelitian dalam pembacaan *dial gauge*.
2. Perlu ada penelitian lanjutan menggunakan balok sebagai benda uji.
3. Perlu ada penelitian lanjutan dengan memperhitungkan kuat leleh sengkang

DAFTAR PUSTAKA

Mander, Priestley & Park. 1988. *Teorytical Stress Stain model for confined concrete*. New York: ASCE, Journal Of Structural Engineering, vol 114, no.8 August 1988.

Nawy, Edward. G. 1988. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bambang Suryoatmojo, Penerjemah. Bandung :RefikaAdita

Park & Paulay 1975. *Reinforced Concrete Structures*. New York : John Wiley & sons inc.

Anonym. 2006 *Panduan Penulisan Dan Penilaian Skripsi*. Surabaya :Unesa University Perss

Sudjana, 1992. *Teknik Analisis Regresi Dan Korelasi Bagi Para Peneliti*. Bandung : Tarsito

Sugiono. 2011. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta