



PERBAIKAN *TOTAL STRENGTH LOSS* PADA KOLOM
DENGAN PENYEKANGAN METODE SPIRAL

Skripsi

disajikan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Program Studi Teknik Sipil

Oleh

Amalia Firdaningrum

NIM. 5113416050

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020



PERBAIKAN *TOTAL STRENGTH LOSS* PADA KOLOM
DENGAN PENYEKANGAN METODE SPIRAL

Skripsi

disajikan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Program Studi Teknik Sipil

Oleh

Amalia Firdaningrum

NIM. 5113416050

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Amalia Firdaningrum
NIM : 5113416050
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Judul : Perbaikan *Total Strength Loss* Pada Kolom Dengan
Penyekangan Metode Spiral

Skripsi/TA ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi/TA Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 1 Juli 2020

Pembimbing



Nigo Purnomo, S.T., M.T.
NIP. 19730618 200501 1

PENGESAHAN

Skripsi / TA dengan judul "Perbaikan *Total Sirength Loss* Pada Kolom Dengan Penyekangan Metode Spiral" telah dipertahankan di depan sidang panitia ujian skripsi Fakultas Teknik UNNES pada 1 Juli 2020.

Oleh

Nama : Amalia Firdaningrum
NIM : 5113416050
Program Studi : SI Teknik Sipil

Ketua



Aris Widodo, S.Pd., M.T.

NIP. 197102071999031001

Sekretaris



Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T. M.Sc.

NIP. 197809212005012001

Penguji 1



Endah Kanthi Pangestuti, S.T., M.T.

NIP. 19720709 199803 2 003

Penguji 2



Ir. Agung Sutarto, M.T.

NIP. 1961048 199102 1

Penguji 3 / Pembimbing



Nigo Purnomo, S.T., M.T.

NIP. 19730618 200501 1

Mengetahui,

Fakultas Teknik UNNES



Nur Oudus, M.T., IPM

NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi /TA ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan da ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Semarang, 1 Juli 2020

Penulis



Amalia Firdaningrum

NIM. 5113416050

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain) dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap. (QS. Al-Insyirah : 6-8)
- Ridha Allah bergantung pada ridha orang tua dan murka Allah bergantung pada murka orang tua. (HR. Tirmidzi)
- Tidak ada rahasia apapun dibalik kesuksesan kecuali ribuan jam latihan (Hanggoro Tricahyo)

Persembahan :

Untuk bapak, ibu dan adik tercinta atas dukungan semangat dan fasilitas yang diberikan.

RINGKASAN

Firdaningrum, Amalia. 2020. “Perbaikan Total Strength Loss Pada Kolom Dengan Penyekangan Metode Spiral”. Pembimbing Mego Purnomo, S.T. M.T., Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Kerusakan struktur beton bertulang dapat saja terjadi akibat umur struktur, atau akibat perubahan pembebanan ataupun akibat bencana alam Retrofit kolom rusak akibat gempa dengan menggunakan sengkang spiral merupakan salah satu perbaikan untuk meningkatkan kuat tekan beton yang dihasilkan. Sengkang selain berfungsi sebagai penahan gaya geser juga dapat menahan gaya horizontal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan beton setelah mengalami total strength loss.

Metode penelitian yang digunakan yaitu memperbaiki beton yang rusak dengan sengkang spiral dan diselimuti mortar. Benda uji yang akan mengalami perbaikan beton berupa silinder beton diameter 15 cm tinggi 34 cm dengan jumlah total 18 buah. Terdiri dari 6 buah dengan sengkang spiral diameter 4,4 mm berjarak 2 cm, 6 buah dengan sengkang spiral diameter 4,4 mm berjarak 4 cm, 6 buah dengan sengkang spiral diameter 4,4 mm berjarak 6 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. Pengujian dilakukan dengan uji tekan.

Dari hasil penelitian perbaikan *total strenght loss* pada kolom dengan pengekangan metode spiral dapat memberikan hasil kuat tekan yang lebih besar dari yang belum mengalami *total strenght loss*. Dapat disimpulkan pula semakin rapat jarak spiral maka semakin besar kuat tekannya. Mutu beton rata-rata 11,13 MPa dengan penambahan sengkang spiral berjarak 6 cm dapat meningkat menjadi 19,18 MPa atau 72,33%. Dengan penambahan sengkang spiral berjarak 4 cm, meningkat menjadi 24,32 MPa atau 118,51%. Dengan penambahan sengkang spiral berjarak 6 cm meningkat menjadi 29,20 MPa atau 162,35%. Dari hubungan antara jarak sengkang spiral dan kuat tekan beton didapatkan sebuah persamaan, yang dituliskan sebagai berikut : $y = 37,753 x^{-0,354}$

Kata kunci : Concrete, Sengkang Spiral, Kuat Tekan, Perbaikan Beton.

ABSTRACT

Firdaningrum, Amalia. 2020. "*Perbaikan Total Strength Loss Pada Kolom Dengan Penyekangan Metode Spiral*". Pembimbing Mego Purnomo, S.T. M.T., Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Damage to reinforced concrete structures can occur due to the age of the structure, or due to changes in loading or due to natural disasters. Retrofit column damaged by the earthquake using a spiral stirrup is one of the improvements to increase the compressive strength of the concrete produced. Sengkang apart from functioning as a barrier to shear forces can also withstand horizontal forces. This study aims to determine the comparison of compressive strength of concrete after experiencing total strength loss.

The research method used is retrofitting concrete with mortar and spiral stirrup. Specimens that will undergo concrete repair in the form of a 15 cm diameter concrete cylinder height 34 cm with a total of 18 pieces. Consists of 6 pieces with 4.4 mm diameter spiral stirrup within 2 cm, 6 pieces with 4.4 mm diameter spiral diameter 4 cm, 6 pieces with 4.4 mm diameter spiral diameter 6 cm. And 1 fruit without stirrup as a comparison. Concrete repairs were carried out by adding a 4 cm thick blanket with a 1: 3 cement mixture sand mixture. Tests carried out by a pressure test.

From the results of research improvements in total strength loss in the column with the restraint of the spiral method can provide a compressive strength results greater than those who have not experienced total strength loss. It can be concluded also the closer the spiral distance the greater the compressive strength. The average concrete quality of 11.13 MPa with the addition of spiral stirrup within 6 cm can be increased to 19.18 MPa or 72.33%. With the addition of spiral stirrup within 4 cm, increased to 24.32 MPa or 118.51%. With the addition of spiral stirrup within 6 cm increased to 29.20 MPa or 162.35%. From the relationship between the spiral bonding distance and the compressive strength of concrete we get an equation, which is written as follows: $y = 37,753 x^{-0.354}$

Keywords: Concrete, Spiral, Compressive Strength, Retrofit.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi / TA yang berjudul “Perbaikan *Total Strength Loss* Pada Kolom Dengan Penyekangan Metode Spiral”. Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Maksud utama penulisan skripsi ini adalah mengetahui pengaruh jarak sengkang spiral terhadap kuat tekan beton kajian terhadap beban tekan aplikasi pada beton yang sudah rusak (*total strength loss*). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan dunia sipil.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak. Untuk itu dengan segenap ketulusan hati, penulis ingin sekali mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

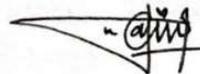
1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik, Aris Widodo S.Pd., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Dr. Rini Kusumawardani. S.T., M.T., M.Sc selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Mego Purnomo, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Endah Kanti Pangestuti, ST, M.T., dan Ir. Agung Sutarto, M.T selaku dosen penguji 1 dan penguji 2 yang telah memberikan masukan yang sangat berharga sehingga menambah bobot dan kualitas Skripsi/TA ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Sipil FT. UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.

6. Bapak Prayogo dan Ibu Kusminah selaku orang tua saya atas dukungan doa, spirit, materiil, dan moril sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
7. Mas Bangkit atas motivasi untuk segera menyelesaikan skripsi, dan yang selalu menemani menyelesaikan skripsi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Dek Annaas dan Marthin atas bantuan menyelesaikan praktikum disaat situasi pandemi Covid-19.
9. Yosintaska, Huda, Sari, dan Mba Gita atas motivasi yang membuat saya semangat mengerjakan skripsi.
10. Teman-teman Teknik Sipil'16, terima kasih atas bantuan dan motivasinya dalam penulisan skripsi ini.
11. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kesalahan dalam proses pelaksanaan hingga pembuatan Skripsi/TA ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan waktu. Oleh karena itu, penulis mohon kritik dn saran untuk mebnagun dan meningkatkan kualitas Skripsi/TA ini agar jauh lebih baik dan sempurna. Semoga Skripsi/TA ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya dan semua pihak yang membaca ataupun berkepentingan pada umumnya.

Semarang, 1 Juli 2020

Penulis



Amalia Firdaningrum

NIM. 5113416050

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian.....	6
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
2.1 Kajian Pustaka	9
2.1.1 Kolom.....	9
2.2 Penelitian yang Relevan	9
2.2.1 Efektifitas Pengekangan Fine Mesh Pada Kolom Bulat Beton Bertulang.....	9
2.1.2 Analisa Pada <i>Confined Concrete</i> (Beton Terkurung) beton tidak terkurung (<i>unconfined concrete</i>).....	11
2.1.3 Karakteristik Peningkatan Dari <i>Confined Concrete</i> (Beton Terkurung)	14

2.1.4	Perilaku Beton <i>Compressive</i> yang Terkurung Serat Pilihan.....	15
2.1.5	Modulus Elastisitas Beton.....	20
2.1.6	<i>Poisson Ratio</i>	22
2.1.7	Perhitungan Struktur Kolom	24
2.1.8	Perhitungan Struktur Kolom Lingkaran.....	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Uraian Umum	29
3.2	Variabel Penelitian	29
3.3	Tahap Penelitian	30
3.4	Prosedur Penelitian.....	35
3.5	Tempat Penelitian.....	36
3.6	Peralatan Penelitian	36
3.7	Perencanaan Perbaikan Benda Uji	38
3.8	Pembuatan Benda Uji.....	39
3.9	Pengujian Kekuatan Beton	40
3.10	Analisa Data	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Hasil Pemeriksaan Bahan.....	47
4.2	Perencanaan Campuran Mortar	52
4.3	Kuat Tekan Beton.....	53
4.4	Kelangsingan pada Kolom	57
4.5	Modulus Elastisitas Beton	58
4.6	Regangan Lateral.....	60
4.7	<i>Possion Ratio</i>	63
BAB V. PENUTUP.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN.....		69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Teoritis Dan Bersifat Percobaan Untuk Silinder Beton Pilinan Tunggal Dengan Tekanan Berporos Tunggal	19
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian	30
Tabel 3. 2 Interval Koefisien Korelasi	46
Tabel 4. 1 Hasil Uji Kadar Lumpur	48
Tabel 4. 2 Hasil Uji Gradasi Pasir.....	48
Tabel 4. 3 Tabel Gradasi Agregat Halus.....	49
Tabel 4. 4 Formasi Penulangan Benda Uji.....	50
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja	51
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Mortar	53
Tabel 4. 7 Faktor Koreksi Beton.....	53
Tabel 4. 8 Hasil Kuat Tekan Beton.....	54
Tabel 4. 9 Presentase Peningkatan Kuat Tekan Beton dan Jarak Sengkang.....	56
Tabel 4. 10 Regangan Lateral	61
Tabel 4. 11 Poisson Ratio Hasil Penelitian.....	63
Tabel 4. 12 Poisson Ratio Menurut Jurnal Sutrisno.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1	Gradasi Pasir Muntilan serta Batasan Gradasi Campuran.....	50
Gambar 4. 2	Grafik Tegangan dan Regangan Batang Tulangan Baja.....	52
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan Jarak Sengkang dengan Kuat Tekan Beton	55
Gambar 4. 4	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan tanpa Sengkang	58
Gambar 4. 5	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Dengan Jarak Sengkang 6 cm.....	59
Gambar 4. 6	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Dengan Jarak Sengkang 4 cm.....	59
Gambar 4. 7	Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Dengan Jarak Sengkang 2 cm.....	60
Gambar 4. 8	Regangan Lateral	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Gradasi Pasir	69
Lampiran 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir	70
Lampiran 3. Hasil Pengujian Bobot Isi	71
Lampiran 4. Kuat Tekan Beton	72
Lampiran 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja	73
Lampiran 6. Regangan Tulangan Baja	74

BAB I PENDAHULUAN

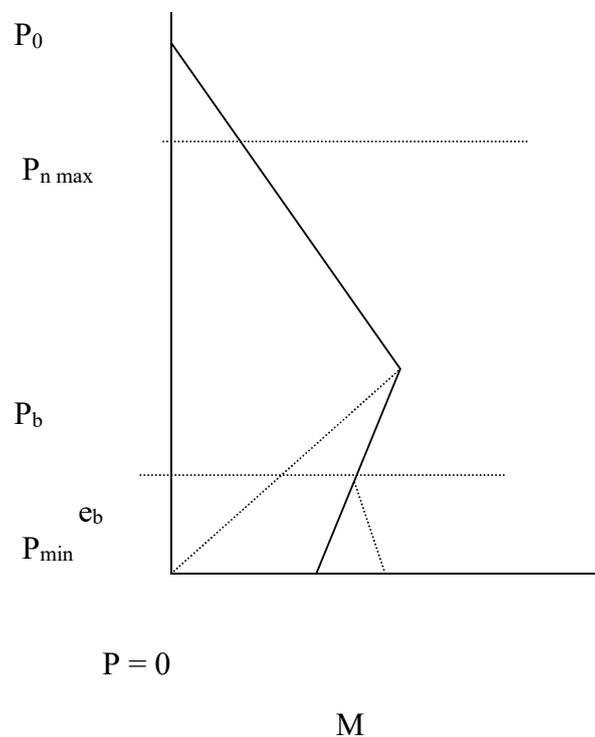
1.1 Latar Belakang

Beton merupakan elemen struktur bangunan yang banyak dikenal dan banyak dimanfaatkan sampai saat ini. Beton banyak mengalami perkembangan baik dalam pembuatan campuran maupun dalam pelaksanaan konstruksinya. 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. (Basuki dan Hidayat, N 2006 ; 36).

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. (Wahyudi, 1997 ; 1).

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. Berdasarkan

gambar 1.1 tersebut kemampuan kolom terhadap lentur terbesar adalah pada kondisi *balance*. Untuk beban aksial diatas kondisi *balance* semakin besar beban aksial akan semakin kecil kemampuan kolom memikul beban lentur, tetapi bila beban aksial dibawah kondisi *balance* semakin besar beban aksial akan semakin besar pula kemampuan kolom terhadap lentur. (Purnomo, M 2008 ; 53).

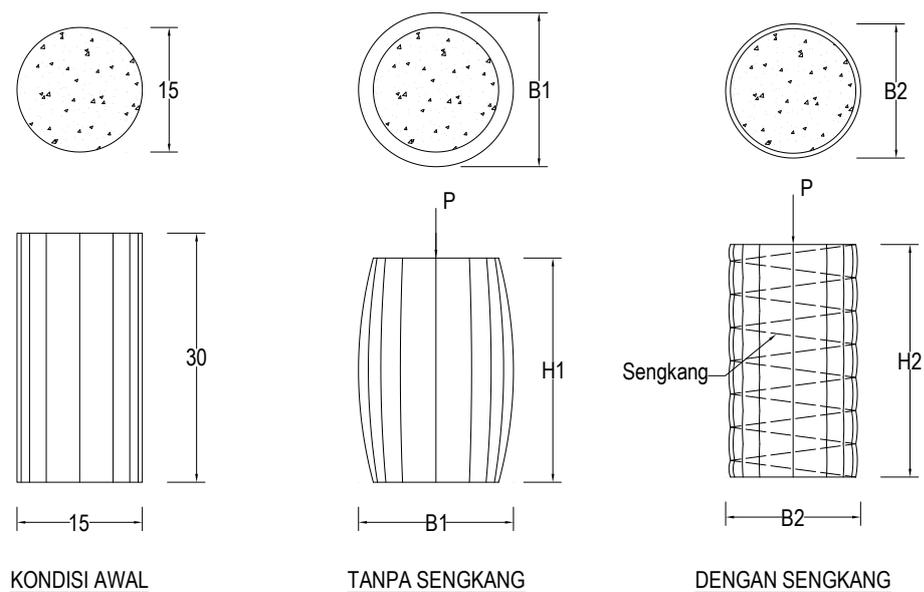


Gambar 1. 1 Diagraminteraksi P – M uniaxial
(Purnomo, M 2008:53)

Faktor yang mengakibatkan kegagalan kolom antara lain perencanaan kolom yang tidak memperhatikan daktilitas atau pengekangan, 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 pengekang. Namun dalam penelitian ini

hanya akan dikaji pengaruh sengkang terhadap kuat tekan beton. (Manaha dan Yosimson Petrus 2008 <http://digilib.its.ac.id>).

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 sengkang selain berfungsi sebagai penahan gaya geser juga dapat menahan gaya horizontal, makin pendek jarak antar sengkang maka akan makin tinggi penahanan gaya horizontal dari sengkang. Perihal struktur tersebut dalam peraturan Standart Nasional Indonesia (SNI) belum dibahas.



Gambar 1. 2 Beton dengan sengkang dan beton tanpa sengkang akibat gaya tekan.

Dari gambar 1.2 dapat dilihat bahwa $H1 < H2$ dan $B1 > B2$, hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk (pemampatan dan pelebaran) pada beton

tanpa sengkang lebih besar dari pada beton dengan sengkang karena perubahan bentuk pada beton dengan sengkang tertahan oleh sengkang.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul: “ Perbaikan *Total Strength Loss* pada Kolom dengan Penyekangan Metode Spiral ”.

Mortar merupakan bahan bangunan yang penting untuk digunakan sebagai pekerjaan pasangan pondasi, pasangan batu bata ataupun pada pekerjaan dinding maupun berbagai macam keperluan yang lain. Untuk saat ini campuran mortar yang banyak dipakai menggunakan perbandingan semen dan pasir adalah 1 : 2, hingga 1 : 6, tetapi dengan campuran yang ada ini masih terdapat banyak kelemahannya. Oleh karena itu diperlukan suatu kreatifitas dalam menciptakan kreasi konstruksi dengan melakukan rekayasa-rekayasa konstruksi yang bersifat sederhana maupun yang fundamental. (Hery Suroso, 2006:Jurnal).

Mortar (sering disebut juga *mortel* atau spesi) adalah campuran yang terdiri dari pasir, bahan perekat serta air, dan diaduk sampai homogen. Pasir sebagai bahan bangunan dasar harus direkatkan dengan bahan perekat. Bahan perekat yang digunakan dapat bermacam-macam, yaitu dapat berupa tanah liat, kapur, semen merah (bata merah yang dihaluskan), maupun semen *Portland*. (Tjokrodimuljo 1996:125)

1.2 Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalahnya adalah sebagai berikut :

- a. Indonesia memiliki gedung yang sering kali mengalami kegagalan struktur akibat bencana alam.
- b. Gempa bumi dengan skala richter yang besar merupakan bencana alam yang menyebabkan kegagalan struktur pada bangunan.
- c. Data kuat tekan beton digunakan untuk memperbaiki kegagalan struktur pada sebuah gedung.

1.3 Pembatasan Masalah

Dari perumusan permasalahan di atas perlu ada batas-batas yang akan menjadi acuan pelaksanaan penelitian. Batasan-batasan dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dalam pelaksanaan penelitian ini adalah silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 34 cm.
2. Perbaiki benda uji dengan menambahkan sengkang spiral dan selimut beton.
3. Sengkang spiral dibuat dari tulangan besi berdiameter 4,4 mm.
4. Selimut beton menggunakan mortar dengan campuran semen dan pasir dengan perbandingan 1 : 3 dengan tebal 2,5 cm.
5. Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan dalam pembuatan mortar adalah 1,0.
6. Semen yang digunakan adalah semen tipe I, dengan berat jenis 3100Kg/m^3 .
7. Pasir yang digunakan adalah pasir muntilan.

1.4 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana hasil pengujian bahan yang digunakan untuk penelitian?
- b. Bagaimana hasil pengujian kuat tekan beton tanpa sengkang maupun tidak?
- c. Bagaimana hasil analisis pengaruh kuat tekan beton yang sudah diretrofit dengan sengkang spiral dan tanpa sengkang?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang diangkat dalam latar belakang diatas, dapat diambil tujuan penelitian, yaitu:

- a. Mengetahui FAS yang baik digunakan untuk perbaikan sampel.
- b. Mengetahui hasil analisis pengaruh kuat tekan beton yang sudah diretrofit dengan sengkang spiral dan tanpa sengkang.
- c. Mengetahui persamaan hubungan kuat tekan perbaikan metode sengkang spiral terhadap jarak antar sengkang.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat dari penelitian ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh jarak sengkang terhadap kuat tekan beton.
2. Secara akademis dapat memberikan wawasan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam perbaikan struktur beton dengan sengkang untuk meningkatkan kuat tekan beton.

3. Dapat diaplikasikan pada perbaikan kolom paska kebakaran maupun gempa bumi.
4. Dapat digunakan sebagai acuan dalam perkembangan ilmu pengetahuan pada riset-riset berikutnya.
5. Dapat digunakan sebagai masukan pada peraturan beton Standar Nasional Indonesia (SNI).

1.7 Sistematika Penulisan

Urutan pokok permasalahannya maupun pembahasannya yang akan diuraikan dalam skripsi ini adalah :

1. Bagian awal skripsi

Bagian ini berisi : halaman judul, abstrak, persetujuan pembimbing halaman pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, dan daftar lampiran.

2. Bagian isi skripsi. Bagian ini terdiri dari :

Bab I Pendahuluan

Dalam bab ini penulis menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Bab ini berisi teori yang menunjang penelitian, yakni menguraikan tentang *confined concrete* (beton tersedubung), modulus elastisitas beton, perhitungan struktur kolom lingkaran.

Bab III Metodologi Penelitian

Menjelaskan tentang uraian umum, variabel penelitian, tahap penelitian, prosedur penelitian, peralatan penelitian, perhitungan campuran, pembuatan benda uji, pengujian kuat tekan beton, dan analisis data.

Bab IV Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Merupakan lanjutan dari bab sebelumnya, yaitu pelaksanaan pengolahan data yang telah diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilaksanakan dengan disertakan tabel dan grafik-grafik untuk memperjelas hasil penelitian.

Bab V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran sebagai implikasi dari hasil penelitian.

3. Bagian akhir skripsi

Bagian ini berisi : Daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Kolom

Menurut SK-SNI T-15-1991-03 memberikan definisi, kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertical dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen struktur yang menahan beban aksial vertical dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal. Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran seperti tersebut, kolom menempati posisi penting di dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan kompone tekan tidak diawali dengan peringatan yang jelas, bersifat mendadak.

Dari definisi kolom diatas dapat disimpulkan yaitu dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada untuk komponen struktur lainnya.

2.2 Penelitian yang Relevan

2.2.1 Efektifitas Pengekangan Fine Mesh Pada Kolom Bulat Beton Bertulang

Untuk meningkatkan daktilitas kolom dapat menggunakan tulangan transversal sebagai pengekang. Dan berikut ini merupakan pengaruh pengekangan yang menggunakan Fine Mesh.

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 yang tidak memperhitungkan daktilitas atau pengekangan detailing kolom yang kurang baik sehingga kinerja kolom tersebut menurun dari yang direncanakan selain itu perencana masih mengabaikan konsep Strong Columns Weak Beams. Salah satu cara untuk meningkatkan daktilitas kolom pada struktur gedung lama adalah meretrofit kolom tersebut dengan cara meliliti kolom menggunakan tulangan transversal yang berfungsi sebagai tulangan pengekang. Namun pada penelitian ini akan dikaji apakah fungsi tulangan transversal sebagai tulangan pengekang mungkin digantikan oleh *Fine Mesh* (FM). Permasalahan yang perlu diteliti adalah kedua parameter itu dibutuhkan untuk mempertahankan kinerja kolom terhadap beban siklik gempa yang lebih besar dari beban gempa nominal. Untuk memverifikasi peningkatan efektifitas seperti yang diprediksi melalui pendekatan analisis maka dilakukan uji eksperimental . Pengujian eksperimental tersebut memakai benda uji kolom bulat diameter 250 mm dengan empat tipe kolom yaitu kolom beton polos (CCP) kolom beton terkekang *fine mesh* (CCFM) kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP CCS dan kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP yang dibungkus *fine mesh* CCFMS. Hasil penelitian yang diperoleh dibandingkan dengan hasil analisis teoritis berdasarkan hubungan tegangan-

regangan beton terkekang yang dikembangkan oleh Mander dkk. dapat disimpulkan bahwa fine mesh cukup efektif bilamana digunakan sebagai tulangan pengekuat 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 pengekuat yang setara dengan kolom beton terkekang tulangan spiral BJTP CCS dengan perbedaan rasio tulangan transversal $s = 1323$ kuat tekan c_c f berbeda 594 regangan beton terkekang c_c berbeda 335 dan regangan beton ultimit c_u berbeda 268 . Sebaiknya kolom beton yang belum dirancang memikul beban gempa dapat diretrofit menggunakan fine mesh agar dapat meningkatkan daktilitas dari kolom tersebut. (Manaha dan Yosimson Petrus 2008 <http://digilib.its.ac.id>).

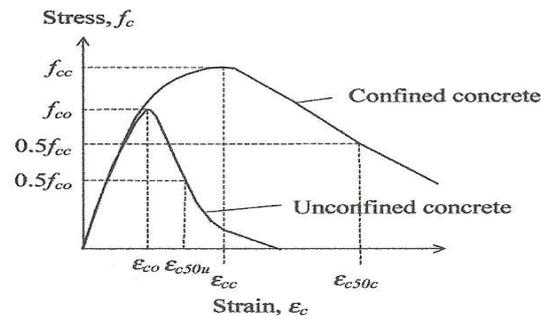
Dari kutipan Manaha dan Yosimson Petrus diatas dapat disimpulkan bahwa fine mesh cukup efektif bilamana digunakan sebagai tulangan pengekuat pada kolom beton yang dapat meningkatkan daktilitas beton.

2.1.2 Analisa Pada *Confined Concrete* (Beton Terkurung) beton tidak terkurung (unconfined concrete).

Berikut ini merupakan grafik hubungan tegangan dan regangan antara beton terkurung (confined concrete) dan beton tidak terkurung (unconfined concrete).

Model ini memperhitungkan berbagai kurva tegangan-regangan pada penutup beton dan inti yang terbatas. Lebih jauh lagi, ia tidak berasumsi bahwa sanggurdi menghasilkan; itu memperkirakan tegangan aktual di sanggurdi pada tegangan puncak beton. Fitur-fitur ini membuatnya menarik untuk digunakan dalam analisis

untuk beton dalam kompresi. Contoh kurva tegangan-regangan untuk beton tidak terbatas dan terbatas ditunjukkan pada Gambar.



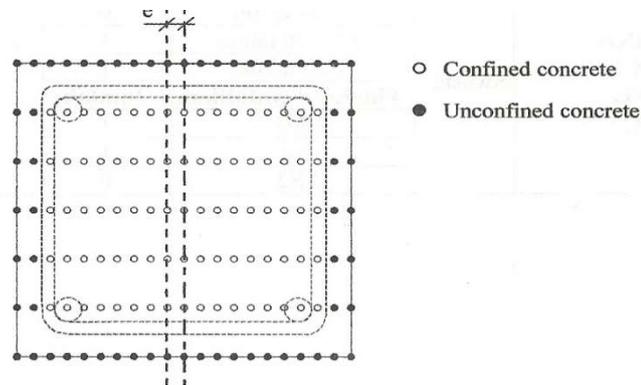
Gambar 2. 1 Kurva tegangan dan regangan pada beton terkurung (confined concrete) dan beton tidak terkurung (unconfined concrete).

Sumber : Christina Claeson Research Assistant, M.Sc 2010

[Http://web.eng.fiu.edu/~mirmiran/Paper/dilation_characteristics_of_convinate_concrete.pdf](http://web.eng.fiu.edu/~mirmiran/Paper/dilation_characteristics_of_convinate_concrete.pdf)

Model material dikodekan sebagai subrutin bahan pengguna dan ditambahkan ke paket elemen hingga non-linear tujuan umum ABAQUS / 7 /. Model bahan yang diusulkan dirancang untuk digunakan untuk elemen balok yang tersedia di perpustakaan elemen ABAQUS. Secara umum, elemen balok tidak dapat mencakup sengkang, yang merupakan kerugian ketika memodelkan kolom beton. Namun, dengan memasukkan efek kurungan dalam kurva tegangan-regangan dan memberikan inti terbatas dan kurva-regangan tegangan-regangan terpisah yang tidak dibatasi, kolom beton terkekang dapat dianalisis secara efektif. Dua kurva tegangan-regangan yang berbeda untuk penampang balok diperoleh dengan mengidentifikasi setiap titik integrasi, menggabungkan titik-titik integrasi inti beton menjadi satu kelompok dan titik-titik penutup ke kelompok lain, dan kemudian menetapkan masing-masing kelompok model bahan, lihat Gambar 2.2. Dengan pendekatan ini, model memperhitungkan efek-efek berikut: hubungan tegangan-

regangan baja, termasuk pengerasan; hubungan tegangan-regangan non-linier untuk beton, termasuk efek pengurangan dalam kompresi dan efek pengerasan tegangan dalam tegangan; dan perubahan dalam geometri suatu bagian karena spalling progresif penutup beton di bawah tekanan tinggi. Namun model tidak memperhitungkan kemungkinan tekuk dari tulangan atau tekuk prematur dari penutup beton kekuatan tinggi.



Gambar 2. 2 Gaya tekan antara beton di dalam sengkang dan beton di luar sengkang

Sumber : Christina Claeson Research Assistant, M.Sc 2010

[Http://web.eng.fiu.edu/~mirmiran/Paper/dilation_characteristics_of_convinate_concrete.pdf](http://web.eng.fiu.edu/~mirmiran/Paper/dilation_characteristics_of_convinate_concrete.pdf)

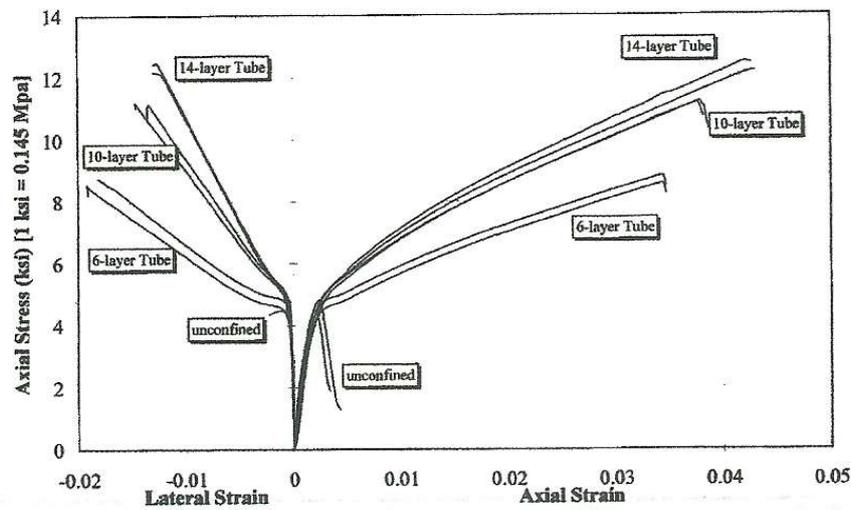
Dari kutipan Christina Claeson Research Assistant, M.Sc 2010 dan Gambar 2.1. menerangkan bahwa beton yang terkurung (*confined concrete*) mempunyai kuat tekan (f_c) dan regangan (ϵ) yang lebih baik dibandingkan beton yang tidak terkurung (*unconfined concrete*). Dan gambar 2.2 dapat dijelaskan bahwa kuat tekan pada beton yang berada di dalam sengkang lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan beton yang berada di luar sengkang. Berdasarkan dua kutipan pada analisa *confined concrete* (beton terkurung) dapat memberi kesimpulan bahwa *confined concrete* (beton terkurung) mempunyai kuat tekan yang lebih besar

dibandingkan dengan unconfined concrete (beton yang tidak terkurung) sehingga sengkang mempunyai pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton.

2.1.3 Karakteristik Peningkatan Dari *Confined Concrete* (Beton Terkurung)

Berikut ini merupakan penjelasan dari pengaruh pengurungan beton terhadap gaya ke samping .

Penyatuan beton meningkatkan kekuatan dan keuletannya dengan menahan pelebaran lateral. Keakuratan model penghubungan tergantung pada seberapa baik ia menangkap kecenderungan pelebaran beton. Dalam beberapa tahun terakhir, konstruksi eksternal beton dari fiber komposit menjadi semakin populer untuk aplikasi infrastruktur sipil. Ini termasuk pembungkus fiber dari kolom yang ada atau bungkus beton dalam cangkang yang diperkuat plastik (FRP). Sebanyak 54-beton semua tabung FRP diuji dalam kompresi uniaksial dalam mode kontrol perpindahan. Instrumentasi penuh spesimen memungkinkan variasi rasio tangen Poisson untuk beton ditangkap. Tren pelebaran beton terbukti sebagai fungsi kekakuan jaket. Pada anggota baja-terbungkus, sekali baja menghasilkan, tekanan penahan menjadi konstan dan jaket tidak efektif menahan pelebaran beton. Di sisi lain, untuk bahan linier-elastis seperti komposit serat, terjadi pembalikan regangan yang menghasilkan penahanan pelebaran. Metode untuk memprediksi pelebaran dikembangkan yang dapat dengan mudah diadopsi dalam model penataan aktif apapun. Selain itu, model konstruksi baru untuk beton yang dibungkus FRP yang dibahas tahun 1997 oleh John Wiley & Sons, Ltd. <http://www.tekna.no/ikb/viewer/content/738966/doc-22-1.pdf>



Gambar 2. 3 Hubungan tegangan dengan regangan lateral dan aksial akibat fibre reinforced plastics (FRP).

Sumber : Amir Mirmiran dan Mohsen Shahawy 1997 http://www.tekna.no/ikb_viewer/content/738966/doc-22-1.pdf

Dari kutipan Amir Mirmiran dan Mohsen Shahawy dan gambar 2.3. di atas maka dapat dijelaskan bahwa pengurungan beton dapat meningkatkan daktailitas dan kekuatan dengan menahan gaya ke samping. Peningkatan daktailitas dan kekuatan tergantung pada seberapa baik pengurungan beton menahan gaya desak ke samping. Kecenderungan pembesaran beton terkurung dapat ditahan oleh pembungkus beton (FRP). Tulangan sengkang dapat menghasilkan dan membatasi tekanan.

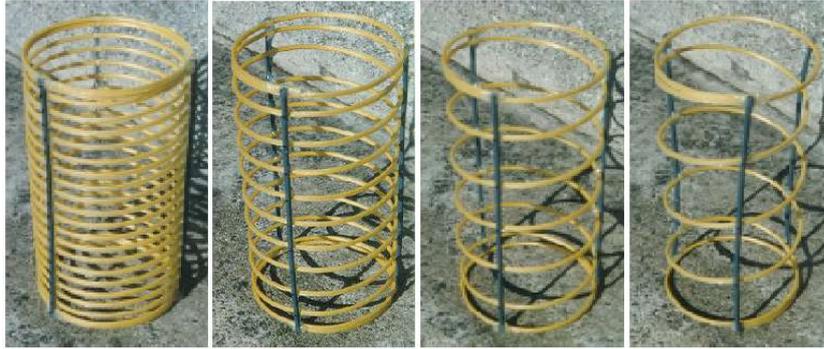
2.1.4 Perilaku Beton *Compressive* yang Terkurung Serat Pilihan

Makalah ini melaporkan hasil percobaan tes tekan pada silinder beton yang dibungkus oleh spiral serat aramid. Kedua silinder beton bundar dengan spesimen spiral tunggal dan persegi panjang dengan dua spiral saling terkait diselidiki. Tes

kompresi konsentrik dilakukan. Ditemukan bahwa perilaku beton terbatas dipengaruhi tidak hanya oleh kekuatan beton, tetapi juga jarak kaki spiral dan tingkat interlocking. Silinder beton dengan jarak dekat dan tingkat interlocking yang tinggi biasanya memberi kekuatan dan keuletan yang lebih tinggi.

Untuk silinder beton dengan spiral tunggal, diamati bahwa retakan longitudinal dari beton penutup dimulai dekat ketinggian pertengahan sebagian besar sampel. Retak seperti itu secara bertahap merambat ke kedua ujungnya dengan meningkatnya beban. Ketika beban mencapai kekuatan tekan beton, terjadi kerusakan parah pada penutup. Namun, perlu dicatat bahwa disintegrasi total beton penutup tidak terjadi. Kerusakan penutup lebih terlihat pada silinder dengan spiral yang berjarak dekat yang secara fisik memisahkan penutup dari inti. Pada tahap akhir, fraktur spiral, yang terjadi pada spesimen tingkat menengah, tiba-tiba dan meledak. Retak internal yang parah juga diperhatikan dengan memeriksa sampel yang gagal. (H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000 <http://www-civ.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>)

Dari kutipan H. Y. Leung and C. J. Burgoyne di atas maka dapat dijelaskan bahwa perilaku beton tidak hanya dipengaruhi oleh kuat tekan beton (mutu beton) tetapi juga dipengaruhi oleh jarak pilinan serat. Pernyataan tersebut juga menguatkan bahwa sengkang dapat mempengaruhi penambahan kuat tekan beton, semakin dekat/pendek jarak antar sengkang maka makin kecil pula kerusakan beton. Kerusakan beton yang paling besar terjadi pada beton yang jarak sengkangnya paling kecil. Kegagalan beton ditunjukkan yang paling besar berada pada tengah–tengah karena mempunyai gaya tekan keluar yang paling besar.



Gambar 2. 4 Penulangan fiber Spiral Sebelum Dicor

Sumber : H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000

<http://wwwciv.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>

Gambar 2.4. merupakan gambar fiber sengkang sebelum dicor yang telah dibentuk sengkang sesuai dengan jarak yang telah ditentukan. Pengaturan jarak sengkang menggunakan bantuan bahan yang tidak banyak mempengaruhi terhadap hasil penelitian tetapi dapat membuat jarak sengkang tersebut stabil. Pada gambar 2.5 terlihat masing-masing jarak sengkang sudah sesuai dengan yang disyaratkan.



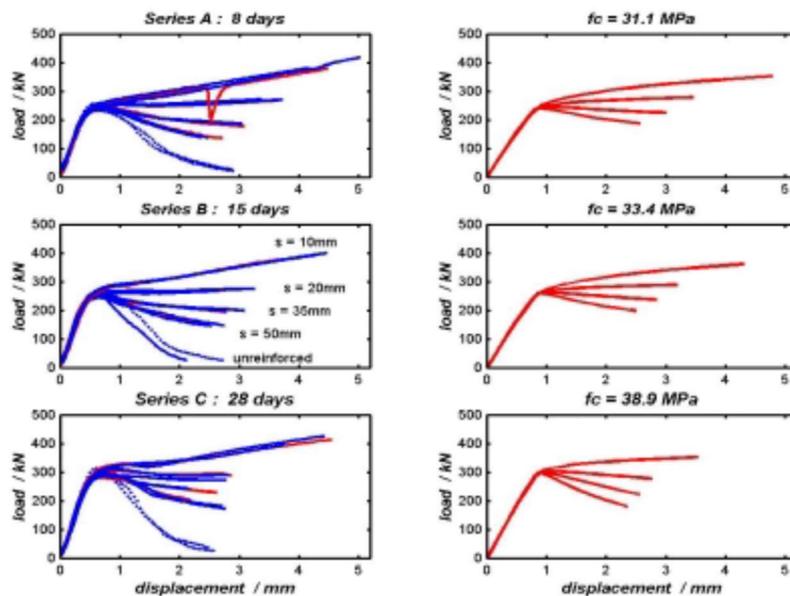
Gambar 2. 5 Bentuk Benda Uji Setelah Diuji

Sumber : H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000

<http://wwwciv.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>

Gambar 2.5 merupakan foto benda uji setelah di uji dan bentuk kerusakan kerusakannya. Dari empat benda uji dengan jarak sengkang 10 mm, 20 mm, 35 mm dan 50 mm terlihat bahwa kerusakan yang paling besar berturut-turut terjadi pada

benda uji jarak 50 mm, jarak 35, jarak 20, dan yang paling kecil kerusakannya pada benda uji jarak 10 mm. Kerusakan beton yang paling besar berada di bagian tengah karena bagian tersebut menerima gaya tekan yang paling besar. Dari gambar 2.5. tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa tulangan sengkang dapat menghasilkan dan membatasi tekanan, makin pendek jarak sengkang maka akan makin kecil kerusakan yang terjadi pada beton tersebut.



Gambar 2. 6 Perbandingan displacement antara hasil percobaan (pada sisi kiri) dengan displacement teoritis (pada sisi kanan)

Sumber : H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000

<http://www.civ.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>.

Tes kompresi konsentris pada AFRP pendek yang terbuat dari silinder beton telah dijelaskan. Variabel kritis, termasuk kekuatan tekan beton, jarak spiral, pengaturan spiral dan tingkat saling mengunci, telah dipertimbangkan. Peningkatan strain yang menjanjikan diperoleh secara eksperimental dan teoritis untuk tumpang tindih tingkat tinggi. Tetapi situasi sebaliknya dilaporkan untuk kekuatan beton yang tinggi dan jarak spiral yang besar. Kegagalan bulging ditemukan sebagai mode

pengaturan untuk sebagian besar silinder beton tekan uniaksial, yang biasanya diikuti oleh fraktur spiral. (H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000 <http://www-civ.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>)

Kesimpulan dari kutipan H. Y. Leung and C. J. Burgoyne dan gambar 2.6. bahwa uji tekanan pada AFRP pendek beton spirally-confined silinder dapat diuraikan bahwa variabel yang mempengaruhi displacement mencakup antara lain kuat mampat beton, jarak pilinan spiral, pengaturan pilinan dan derajat tingkat menyambung. Peningkatan tegangan diperoleh secara eksperimen dan secara teoritis mengalami peningkatan secara drastis. Tetapi situasi menjadi kebalikannya untuk kekuatan beton tinggi dan jarak pilinan besar.

Tabel 2. 1 Data Teoritis Dan Bersifat Percobaan Untuk Silinder Beton Pilinan Tunggal Dengan Tekanan Berporos Tunggal

Sumber : H. Y. Leung and C. J. Burgoyne 2000
<http://wwwciv.eng.can.ac.ok/cjb/papers/cp53.pdf>.

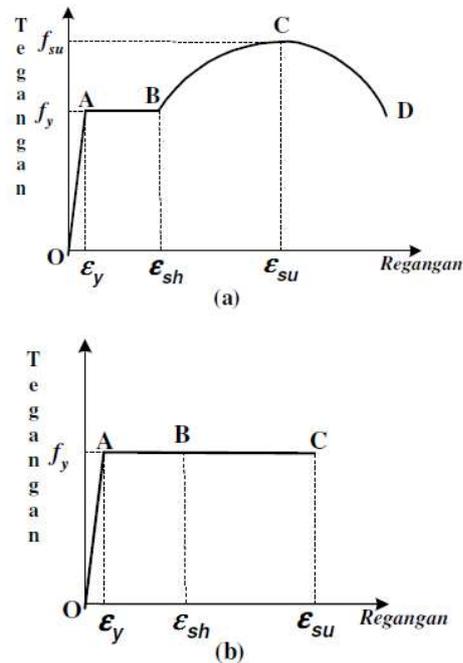
Umur Pengujian	Jarak Pilinan (mm)	Diameter tulangan (mm)	Muatan Maksimum (KN)	Jarak Patahan Teoritis (mm)
8 days [A series]	Kosong	0.622	243.9	-
	50		245.3	2.562
	35		249.4	3.007
	20		269.8	3.452
	10		389.2	4.790
15 days [B series]	Kosong	0.622	252.1	-
	50		262.3	2.497
	35		268.9	2.851
	20		271.3	3.195
	10		392.9	4.303
28 days [C series]	Kosong	0.622	287.9	-
	50		294.4	2.348
	35		301.3	2.555
	20		305.8	2.768

	10		412.8	3.543
--	----	--	-------	-------

Dari hasil uji coba H. Y. Leung and C. J. Burgoyne dapat ditarik kesimpulan bahwa beton dengan mutu sama tetapi dengan umur yang berbeda antara lain dari umur 8 hari, 15 hari, dan 28 hari memiliki muatan maksimum yang berbeda pula dengan peningkatan yang lebih besar berturut-turut dari umur 8 hari, 15 hari, dan 28 hari

2.1.5 Modulus Elastisitas Beton

Baja tulangan berfungsi untuk memikul tegangan tarik yang terjadi pada struktur beton bertulang. Ada dua jenis baja tulangan yang umum dipakai dalam konstruksi beton bertulang yaitu baja polos (plain bars) dan baja ulir (deformed bars). Diagram tegangan dan regangan baja tulangan biasanya didapat dari hasil pengujian tarik baja seperti terlihat pada Gambar 2.7a. Karakteristik yang paling penting dari baja tulangan meliputi modulus elastisitas (young's modulus), E_s , Kuat leleh baja, f_y , Kuat batas baja, f_{su} , dimensi atau diameter dari baja tulangan



Gambar 2. 7 Diagram tegangan-regangan baja tulangan

Sumber : IK Sudarsana 2010
Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.14, No. 1

Dalam perencanaan dan analisis komponen struktur beton bertulang, hampir semua peraturan mengidealisasikan hubungan antara tegangan dan regangan baja tulangan sebagai hubungan bilinear, dengan modulus elastisitas (E_s) sebesar 200 GPa, seperti terlihat pada Gambar 2.7b. Pada tulisan ini idealisasi tersebut dipergunakan dalam analisis kekuatan dan daktilitas kolom (IK. Sudarsana 2010).

Menurut (SNI 03 – 2847 - 2002) digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$$E_c = 0.043 \times (W_c)^{1.5} \times (\text{dalam MPa}).$$

dimana :

W_c = berat volume beton (kg/m^3)

f_c' = kuat tekan beton (MPa)

Rumus empiris tersebut hanya berlaku untuk beton dengan berat volume berkisar antara 1500 dan 2500 kg/m³. Untuk beton kepadatan normal dengan berat volume ± 23 KN/m³ dapat digunakan nilai

$$E_c = 4700 \times \dots \text{ (SNI 03 - 2847 - 2002).}$$

Menurut (Neville, 1996) menyatakan bahwa modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh modulus elastisitas agregat dan perbandingan volume dari agregat didalam beton. Murdock dan Brook (1991), modulus elastisitas yang sebenarnya atau modulus pada suatu waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana :

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{P}{A} ; \text{ Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L}$$

Dengan :

P = beban yang diberikan (ton)

A = luas tampang melintang (mm²)

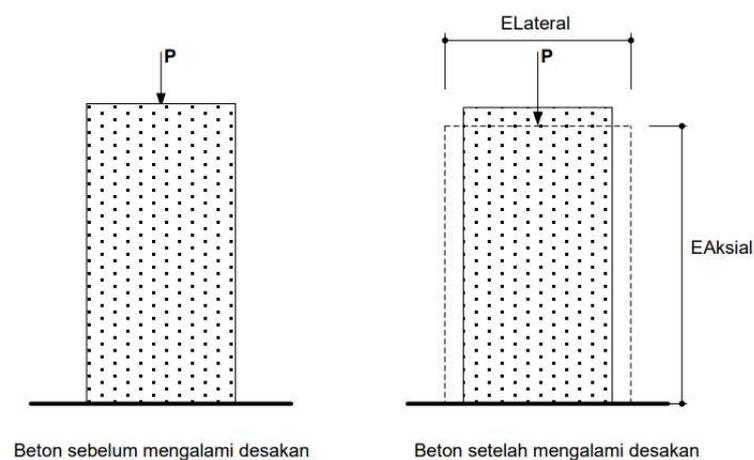
ΔL = perubahan panjang akibat beban P (mm)

L = panjang semula (mm)

2.1.6 *Poisson Ratio*

Bilamana beton mengalami desakan, memendek pada arah memanjang atau aksial dan mengalami pengembangan arah melebar atau lateral. Perbandingan antara regangan arah melebar dan arah memanjang dikenal sebagai perbandingan

Poisson (Poisson ratio). Pada fase elastis linier regangan lateral sebanding dengan regangan aksial. Perubahan ditunjukkan pada Gambar 2.8 dimana garis putus-putus menunjukkan bentuk setelah beton menerima beban. Kontraksi lateral ini dapat dilihat dengan jelas pada karet yang direntangkan, yang merupakan batas teratas teoritis untuk angka Poisson, sedangkan pada bahan logam perubahan ukuran lateral ini biasanya terlalu kecil untuk dilihat, tetapi perubahan ukuran dapat dideteksi dengan alat ukur.



Gambar 2. 8 Ekspansi akibat dari desak

Sumber : Gere, Timoshenko, 1997

Poisson ratio biasanya digunakan dalam perhitungan modulus geser (G) untuk balok dan kolom serta untuk analisis pelat. Modulus geser (G), modulus elastisitas (E), dan Poisson ratio (μ), merupakan sifat-sifat bahan elastis yang terkait satu sama lain.

Menurut Gere, Timoshenko, 1997. 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 “ ν ” (nu). Nilai rasio poisson untuk beton berkisar antara 0,15 - 0,25. Apabila regangan di suatu bahan menjadi besar, rasio poissonnya berubah.

2.1.7 Perhitungan Struktur Kolom

Kuat tekan kolom rencana ϕP_n dari komponen struktur tekan tidak boleh diambil lebih besar dari :

- Dengan tulangan spiral

$$\phi P_{n \max} = 0,85\phi \left[0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

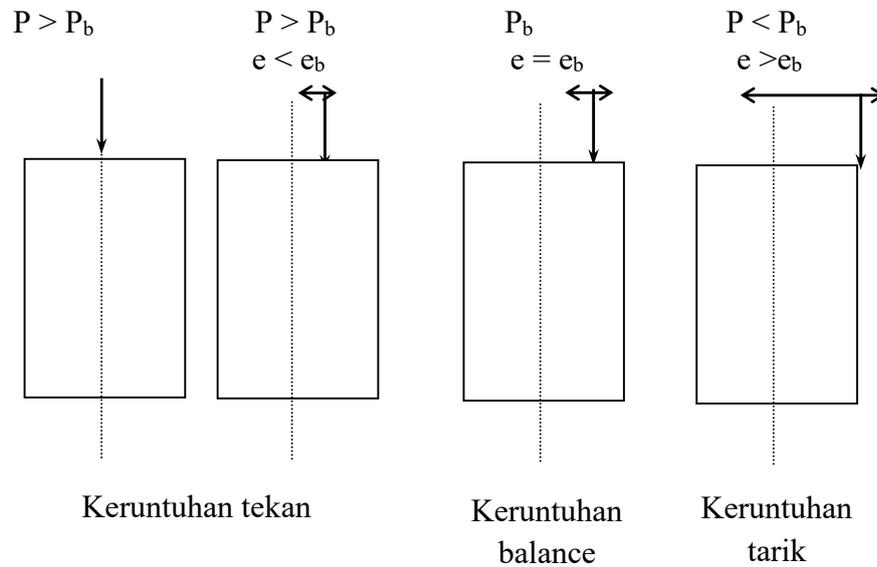
- Dengan tulangan sengkang pengikat

$$\phi P_{n \max} = 0,80\phi \left[0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \right]$$

Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang A_g . Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk batang tulangan di dalam sengkang pengikat segi empat atau lingkaran, 3 untuk batang tulangan didalam sengkang pengikat segitiga, dan 6 untuk batang tulangan yang dilingkupi oleh spiral. Rasio tulangan spiral ρ_s tidak boleh kurang dari :

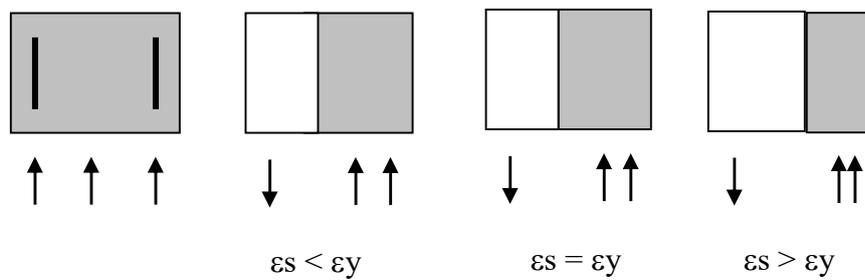
$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_y}$$

Dengan f_y adalah kuat leleh tulangan spiral dan tidak boleh diambil lebih dari 400 Mpa.



Gambar 2. 9 Pengaruh Eksentrisitas Pada Kolom

Sumber : (Purnomo, M 2008)



Gambar 2. 10 Pengaruh eksentrisitas pada kolom

Sumber : (Purnomo, M 2008)

Keruntuhan pada kolom dapat terjadi dalam kondisi yang berbeda-beda tergantung pada kondisi pembebanan. Macam–macam keruntuhan kolom adalah :

a) Keruntuhan Tekan

Keruntuhan tekan terjadi apabila letak garis netral penampang $c > c_b$, $P > P_b$ atau $e < e_b$ pada eksentrisitas nol $e = 0$ kolom mampu menahan beban sebesar :
 $P_0 = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}$

Dalam praktek tidak akan ada kolom yang dibebani tanpa eksentrisitas. Eksentrisitas beban dapat terjadi akibat timbulnya momen antara lain disebabkan oleh kekangan pada ujung-ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pelaksanaan pemasangan yang kurang sempurna. Untuk kolom yang bersengkang besarnya beban P direduksi 20% sedangkan dengan spiral 15% sehingga :

- $P_{nmax} = 0,8 \{0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$ penampang dengan sengkang
- $P_{nmax} = 0,85 \{0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\}$ penampang dengan spiral

b) Keruntuhan *Balance*

Keruntuhan balance adalah keruntuhan kolom dimana pada saat regangan beton diserat tepi terdesak mencapai $\epsilon_c = 0,003$ pada saat itu pula regangan baja tulangan tarik $\epsilon_s \geq \epsilon_y$ atau tulangan tarik mencapai leleh.

$$P_b = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y$$

$$c_b = \left\{ \frac{600}{600 + f_y} \right\} d$$

$$\epsilon_s' = \left\{ 1 - \frac{d'}{c} \right\} \epsilon_c$$

jika $\epsilon_s' \geq \epsilon_y$ maka $f_s' = f_y$

$$P_b (e_b + 0,5 \cdot h - d') = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b (d - \frac{1}{2} \cdot a_b) + A_s' \cdot f_s' (d - d')$$

$$M_b = P_b \cdot e_b$$

c) Keruntuhan Tarik

Keruntuhan tarik terjadi apabila $c < c_b$, $P < P_b$ atau $e > e_b$ bila $e = \sim$ maka pada kolom terjadi lentur murni yaitu pada saat $P = 0$ sehingga kesetimbangan yang terjadi adalah $C + C' = T$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y = 0$$

$$\varepsilon_s' = \left\{ 1 - \frac{d'}{c} \right\} \varepsilon_c$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left(d - \frac{1}{2} \cdot a \right) + A_s' \cdot f_s' (d - d')$$

jika $\varepsilon_s' \geq \varepsilon_y$ maka $f_s' = f_y$

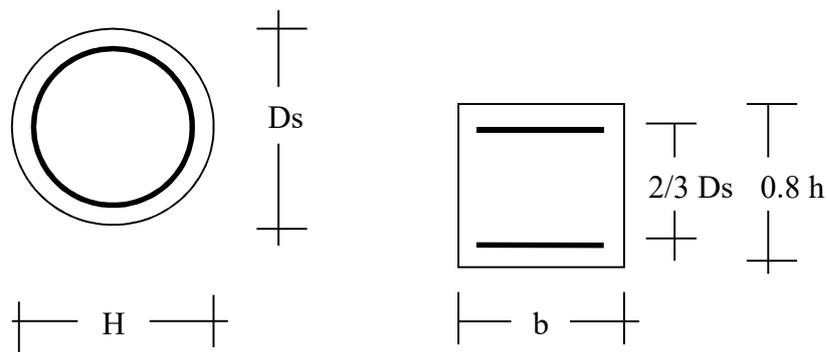
dengan berdasarkan kesetimbangan pada masing-masing kondisi tersebut dapat digambarkan suatu diagram interaksi beban axial (P) dan Momen (M) seperti pada gambar 1.1.

2.1.8 Perhitungan Struktur Kolom Lingkaran

Kolom lingkaran perhitungannya dengan uniaxial, karena dimanapun letak beban tersebut maka penampang beton selalu membentuk daerah beton tertekan yang sama yaitu berbentuk tembereng lingkaran serta garis netralnya selalu sejajar dengan sumbu lentur yang terjadi akibat beban yang bekerja. Kolom lingkaran bila keruntuhannya berupa keruntuhan tekan maka penampang lingkaran boleh diperhitungkan dengan penampang persegi ekuivalen, tetapi bila keruntuhannya berupa keruntuhan tarik maka harus digunakan penampang sebenarnya. Ketentuan penampang persegi ekuivalen seperti pada gambar 2.9 sebagai berikut :

1. Tinggi dalam arah lentur sebesar $0,8.h$ dimana h adalah diameter luar kolom
2. Lebar kolom segi empat ekivalen adalah $b = A_g/0.8.h$
3. Luas tulangan tarik sama dengan luas tulangan tekan sebesar $\frac{1}{2}$ luas tulangan total $A_s = A_s' = \frac{1}{2} A_{st}$

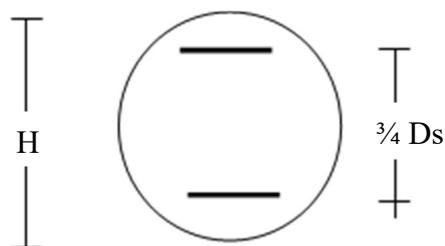
D_s = diameter tulangan terjauh as ke as



Gambar 2. 11 Penampang ekivalen

Sumber : (Purnomo, M 2006)

Untuk keruntuhan tarik maka digunakan kolom aktual, luas tulangan tarik sama dengan luas tulangan tekan besarnya 40 % luas tulangan total seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2. 12 Kolom lingkaran

Sumber : (Purnomo, M 2006)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Uraian Umum

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 kausa 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 diteliti 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.

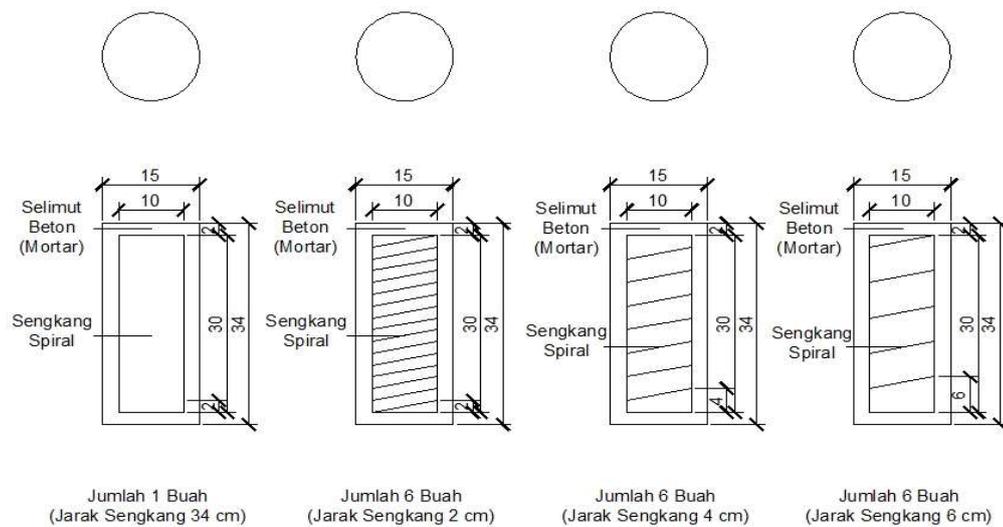
3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang dimaksud ini adalah segala sesuatu yang akan menjadi obyek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan berat semen 3100 kg/m³ dengan fas 1,0. Variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Diameter Silinder (cm)	Tinggi Silinder (cm)	Berat Semen (kg/m ³)	Diameter Sengkang (mm)	Fas	Jarak sengkang (cm)	Jumlah benda uji (buah)
15	34	300	4.4	1	Tanpa sengkang	1
					6	6
					4	6
					2	6

Pada variabel penelitian ini diharapkan dapat diketahui kuat tekan beton masing-masing variabel sehingga dapat dilihat pengaruh jarak sengkang terhadap kuat tekan beton. Untuk memperjelas hal itu maka bentuk benda ujinya dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3. 1 Penulangan Benda Uji

3.3 Tahap Penelitian

Tahap I

Mempersiapkan peralatan dan bahan, yang meliputi :

- Silinder Beton sebanyak 19 buah

- Pasir Muntlan sebanyak 1 m³
- Semen sebanyak 1 Zak @ 40 Kg
- Tulangan besi SNI diameter 4,4 mm
- Gauge Meter sebagai alat tekan beton silinder beton
- Seng bentuk tabung berdiameter 15 cm untuk mencetak selimut beton setebal 3 cm sebanyak 18 Buah



Gambar 3. 2 Tulangan Baja Spiral Diameter 4,4 mm



Gambar 3. 3 Benda Uji Beton

2. Tahap II

Melakukan pengujian terhadap bahan-bahan, baik yang digunakan untuk beton maupun tulangnya



Gambar 3. 4 Alat untuk Pengujian Pasir

3. Tahap III

- Membuat spiral dari besi berdiameter 4,4 mm, tinggi 34 cm sebanyak 18 buah dengan jarak 2 cm, 4 cm, dan 6 cm yang dililitkan pada benda uji
- Melakukan perencanaan campuran (mix design) berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian tahap II, yaitu mortar dengan FAS 1 perbandingan pasir : semen 1 : 3



Gambar 3. 5 Pemasangan Sengkang Spiral



Gambar 3. 6 Pembuatan Adukan Mortar

4. Tahap IV

Melakukan perbaikan benda uji dengan memberikan spiral pada silinder beton. Kemudian masukan ke cetakan tabung seng, setelah itu masukan campuran sebagai selimut beton yang telah dibuat pada tahap III, pastikan semua terisi penuh. Lakukan hal yang sama pada benda uji lainnya.

5. Tahap V

Perawatan dari benda uji silinder beton tanpa sengkang dan benda uji silinder dengan sengkang tulangan dengan cara merendam dalam bak air selama 28 hari.



Gambar 3. 7 Perendaman Beton dalam Bak Air

Gambar 3.7 Perendaman Beton dalam Bak Air

6. Tahap VI

Pengujian tekan pada silinder beton yang telah mengalami perbaikan, kemudian catat semua hasil dari pengujian tersebut.



Gambar 3. 8 Pengujian Benda Uji

7. Tahap VII

Analisa terhadap hasil yang diperoleh dari kuat tekan silinder benda uji tanpa sengkang dengan benda uji yang ditambahkan sengkang spiral.

8. Tahap VIII

Menarik kesimpulan berdasarkan analisis data.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1. Bahan Pengujian

1. Semen

Semen yang digunakan dalam pembuatan beton adalah semen Portland PC Tipe I, semen Padang dengan berat 40 kg/zak, yang memiliki berat jenis 3100 Kg/m³.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai dalam penelitian ini diambil dari Muntilan Yogyakarta. Yang dibeli pada TB. Tri Jaya, Patemon, Gunung Pati, Semarang.

3. Baja

Baja tulangan yang dipakai ukuran Ø 4.4 mm.

4. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang ada di bak Laboratorium Teknik Sipil UNNES Semarang.

3.4.2. Standar Pengujian Bahan

1. Pengujian Agregat Halus

a. Pengujian gradasi pasir

Menggunakan standar SK SNI M-08-1989-F tentang "standar pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar ". Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.

b. Pengujian kandungan lumpur dalam pasir

Menggunakan standar SK SNI M-02-1990-F tentang “metode pengujian kadar air agregat”

c. Pemeriksaan berat jenis agregat halus

Menggunakan standar pengujian SNI- 1970-2008 tentang “metode pengujian berat jenis agregat halus”.

d. Pengujian bobot isi

Menggunakan standar pengujian SNI-03-4804-1998 tentang “Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga udara dalam agregat”

2. Pengujian Tarik Baja

Pengujian ini menggunakan standar pengujian SNI 07-2052-2002 tentang “Baja Tulang Beton”

3.5 Tempat Penelitian

Tempat penelitian yang digunakan adalah di Laboratorium Bahan Teknik sipil UNNES Semarang.

3.6 Peralatan Penelitian

Dalam melakukan pengujian Laboratorium diperlukan peralatan sebagai berikut :

3.6.1. Peralatan pengujian bahan

- a. Satu set ayakan agregat halus dan agregat kasar untuk pengujian gradasi pasir dan gradasi agregat kasar.
- b. Timbangan dengan kapasitas 500 gram dan ketelitian 0,1 gram untuk menimbang pasir
- c. Timbunan dengan kapasitas 45 kg, untuk menimbang benda uji.
- d. Mesin ayakan yang digunakan untuk mengayak agregat halus dan agregat kasar.
- e. Corong konic dengan ukuran diameter atas 3,8 cm, diameter bawah 8,9 cm, tinggi 7,8 cm dan tongkat baja sebagai alat tumbuk seberat 336 gram. Alat ini digunakan untuk mengukur keadaan SSD (kering permukaan) agregat halus.
- f. Loyang aluminium untuk tempat agregat di dalam oven
- g. Gelas kaca ukuran 1000 cc dan 500 cc untuk mengukur volume air yang digunakan.
- h. Desikator untuk membantu mendinginkan sampel setelah diambil dari oven.
- i. Oven dengan kemampuan sampai 240 C, untuk mengeringkan bahan agregat.

3.6.2. Alat-alat pembuatan beton

- a. Bak campur untuk mencampur mortar (air, semen, pasir).
- b. Timbangan untuk menentukan ukuran berat semen, pasir, agregat, dan air.
- c. Cetok untuk mengisi adukan beton kedalam cetakan beton.
- d. Stik/tongkat perata untuk membantu proses pemadatan campuran dalam cetakan selimut beton.

- e. Cetakan benda uji untuk sampel berbentuk silinder sudah tersedia.

3.6.3. Peralatan pengujian benda uji

- a. Gauge meter, alat untuk menguji kuat tekan.
- b. Manometer untuk mengetahui besarnya beban (P).
- c. Hidroulic jack kapasitas 25 ton untuk memberi beban.



Gambar 3. 9 Alat Gauge Meter

3.7 Perencanaan Perbaikan Benda Uji

Pembuatan campuran selimut beton dalam pengujian ini disamakan seperti halnya membuat mortar pada umumnya, namun dengan perbandingan 1:3. Dengan perbandingan tersebut, maka untuk pembuatan mortar sebagai selimut beton yang digunakan adalah perbandingan 1:3 yaitu perbandingan volume 1 semen dan 2 pasir. Sedangkan untuk rasio perbandingan air dan semen atau faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 1.

3.8 Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat yaitu benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dengan tinggi 34 cm untuk pengujian kuat tekan beton. Ada 4 jenis beton yang akan diujikan, yaitu :

1. Beton silinder tanpa sengkang spiral. Berjumlah 2 buah.
2. Beton silinder dengan jarak sengkang spiral 2 cm, diameter sengkang 4.4 mm. Berjumlah 6 buah.
3. Beton silinder dengan jarak sengkang spiral 4 cm, diameter sengkang 4.4 mm. Berjumlah 6 buah.
4. Beton silinder dengan jarak sengkang spiral 6 cm, diameter sengkang 4.4 mm. Berjumlah 6 buah.

Langkah-langkah pembuatan benda uji diatas :

1. Membuat dan merangkai sengkang sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
2. Menyiapkan cetakan silinder dan memasang rangkaian besi tulangan spiral kedalam cetakan silinder, dengan rincian sebagai berikut :
 - a. Silinder dengan diameter 15 cm tinggi 34 cm tanpa sengkang spiral sebanyak 2 buah
 - b. Silinder dengan diameter 15 cm tinggi 34 cm jarak sengkang spiral 2 cm sebanyak 6 buah.
 - c. Silinder dengan diameter 15 cm tinggi 34 cm jarak sengkang spiral 4 cm sebanyak 6 buah.

- d. Silinder dengan diameter 15 cm tinggi 34 cm jarak sengkang spiral 6 cm sebanyak 6 buah.
3. Sesuai dengan pebandingan pada mix design, maka untuk setiap mix (campuran) dilakukan pencampuran adukan.
4. Pengecoran benda uji.
5. Benda – benda uji tersebut disimpan mengikuti standar perawatan beton (curing).
6. Setelah beton sudah cukup umur maka dilakukan penelitian dengan uji tekan.

3.9 Pengujian Kekuatan Beton

Pengujian kekuatan beton yang telah diperbaiki dilakukan dengan cara :

- a. Masing – masing silinder beton diukur diameter, tinggi dan beratnya.
- b. Benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris.
- c. Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban secara konstan sesuai standart mesin.
- d. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur.

Untuk mendapat besarnya tegangan hancur dari benda uji beton dilakukan dengan perhitungan :

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (Ton)

A = Luas permukaan benda uji tertekan (cm^2)



Gambar 3. 10 Alat Manometer Pembaca Dial

3.10 Analisa Data

1. Agregat halus

a. Gradasi pasir

$$\text{Gradasi} = \frac{B_1}{\Sigma B_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (\text{Pers 3.1})$$

dengan :

B1 = Berat tertahan pada saringan

B2 = Jumlah berat tertahan

b. Kandungan lumpur dalam pasir

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (\text{Pers 3.2})$$

dengan :

B1 = Berat krikil kering oven.

B2 = Berat krikil kering oven setelah dicuci.

c. Berat jenis pasir

$$B_{pj} = \frac{B_2}{B_3 + B_0 - B_1} \dots\dots\dots \text{(Pers 3.3)}$$

dengan :

B₀ = Berat pasir pada kondisi jenuh kering muka : 500 gr.

B₁ = Berat piknometer berisi pasir dan air.

B₂ = Berat pasir setelah kering tungku.

B₃ = Berat piknometer berisi air.

d. Bobot isi

$$\text{Bobot isi} = \frac{(C-A)}{V} \dots\dots\dots \text{(Pers 3.4)}$$

dengan :

C = Berat container + isi

A = Berat container

V = Volume

2. Kuat tekan beton

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots \text{(Pers 3.5)}$$

dengan :

f'_c = Kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (Ton)

A = Luas permukaan benda uji tertekan (cm²)

3. Kelangsingan Beton

$$\lambda = \frac{KL}{r} \dots\dots\dots (Pers 3.6)$$

dengan :

λ = rasio kelangsingan

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

L = panjang struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran (radius of gyration) potongan lintang komponen

$$\text{struktur tekan} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I = momen inersia penampang struktur tekan

A = luas penampang struktur tekan

Menurut SK SNI T-15-1991-03, faktor panjang efektif tahanan ujung k bervariasi antara 0,50-2,0 tergantung kondisinya, untuk keadaan tipikal adalah sebagai nilai-nilai berikut ini :

Kedua ujung sendi, tidak tergerak lateral	$k=1,0$
Kedua ujung jepit	$k=0,50$
Satu ujung jepit, ujung lain bebas	$k=2,0$
Kedua ujung jepit, ada gerak lateral	$k=1,0$

4. Regangan Baja Tulangan

$$\text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots (Pers 3.7)$$

5. Rasio *Poisson*

Poisson ratio ditentukan berdasarkan rekomendasi ASTM C 469-94, dengan

rumus :

$$\mu = \frac{\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}}{\varepsilon_2 - 0,00005} \dots\dots\dots \text{(Pers 3.8)}$$

ε_{t2} = regangan lateral akibat tegangan S

ε_{t1} = regangan lateral akibat tegangan S

ε_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S

S_1 = tegangan yang sesuai dengan regangan arah longitudinal sebesar 0.00005

S_2 = tegangan sebesar 0.4 f'c

6. Buat grafik hubungan antara kuat tekan dengan jarak sengkang.
7. Membuat rumus persamaan dari hasil penelitian.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan beton selanjutnya adalah diuji menggunakan analisis statistic dengan menggunakan program SPSS 22,0 atau bisa menggunakan Microsoft Excel. Uji statistic yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif lebih berhubungan dengan pengumpulan dan peringkasan data, serta penyajian hasil peringkasan tersebut. Data-data statistic yang diperoleh dari beberapa sampel beton dengan jarak 2, 4, dan 6 cm serta tanpa sengkang. Data-data tersebut harus disusun dengan baik dan teratur, baik dalam bentuk tabel atau presentasi grafik sebagai dasar untuk berbagai pengambilan keputusan. Dalam hal ini teknik korelasi dan regresi juga dapat berperan sebagai Statistik Deskriptif

b. Statistika Inferensia

Statistik inferensia adalah statistic yang digunakan untuk menganalisis dua sampel dan hasilnya akan digeneralisasikan (diinferensikan) untuk populasi

dimana itu diambil. Statistik Inferensia terdiri dari dua jenis yaitu statistic parametris dan nonparametris. Pada penelitian ini digunakan statistik parametris, dimana untuk menguji parameter populasi melalui statistic, atau menguji ukuran populasi melalui data sampel. Dari statistic parametris terdapat dua perhitungan :

1. Analisis Regresi

Analisis regresi adalah analisis persamaan garis yang diperoleh berdasarkan perhitungan-perhitungan statistika, umumnya disebut model, untuk mengetahui bagaimana perbedaan sebuah variabel memengaruhi variabel lain. Dalam statistik kita kenal berbagai ragam analisis regresi, seperti regresi linear, regresi polynomial, regresi kubik (Bungin, 2005).

2. Teknik Korelasi

Teknik korelasi digunakan untuk mengetahui tiga hal pada dua variabel atau dua set data (Cohen dkk, 2007). Teknik korelasi terdiri atas teknik korelasi tunggal dan teknik korelasi jamak. Teknik korelasi tunggal yaitu digunakan pada penelitian yang bertujuan mencari korelasi antara dua variabel penelitian. Sedangkan, teknik korelasi jamak digunakan untuk penelitian yang bertujuan mencari korelasi antara tiga atau lebih variabel. Beberapa teknik korelasi tunggal yang umumnya dapat digunakan dalam penelitian adalah teknik korelasi product moment, teknik korelasi rank order, teknik korelasi contingency dan teknik korelasi tetrachoric. Sedangkan teknik korelasi jamak terdiri atas teknik korelasi serial, teknik korelasi point serial dan teknik-teknik Yulis'Q (Bungin, 2005).

Koefisien korelasi yaitu nilai yang menyatakan kuat tidaknya hubungan antar variable (Sugiyono, 2006). Nilai koefisien korelasi ini paling sedikit 0,00 dan paling besar 1,00.

Tabel 3. 2 Interval Koefisien Korelasi

Sumber : Buku Statistika untuk penelitian, Prof. Dr. Sugiyono, 2015.

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 - 0,199	Sangat rendah
0,20 - 0,399	Rendah
0,40 - 0,599	Cukup
0,60 - 0,799	Kuat
0,80 - 1,000	Sangat kuat

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan

4.1.1. 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.

4.1.2. 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 SK SNI-S-04-1989-F).

4.1.3. Pasir

1. Berat Jenis Pasir

Untuk pemeriksaan berat jenis pasir dilakukan dengan 2 sampel, kemudian dirata-rata. Pada kondisi kering didapat berat jenis rata-rata pasir muntilan sebesar 2,63 (Lampiran 1.1).

Berat jenis pasir muntitan dipakai termasuk dalam agregat normal (berat jenisnya antara 2,5 – 2,7), sehingga dapat dipakai untuk beton normal dengan kuat tekan 15-40 MPa (Tjokrodimulyo, 1996)

2. Kadar Lumpur

Hasil uji kadar lumpur pada pasir seberat dapat dilihat pada Tabel 4.1 :

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kadar Lumpur

No	Uraian	Hasil	
		1	2
1	No cawan		
2	Berat kering sebelum dicuci (A) gram	732,90	840,52
3	Berat pasir kering setelah dicuci (B) gram	695,40	803,23
4	Kadar lumpur ((A) - (B) / A) x 100 %	5,12	4,44
Kadar lumpur Rata-rata		4,78 %	

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur maksimum pasir adalah 5%. Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur didapatkan sebesar 4,78%, sehingga pasir tersebut memenuhi syarat sebagai agregat halus. Untuk kadar lumpur diatas 5 %, pasir perlu dicuci terlebih dahulu.

3. Gradasi Pasir

Hasil uji gradasi pasir dapat dilihat pada, tabel berikut :

Tabel 4. 2 Hasil Uji Gradasi Pasir

Diameter ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)	Persentase berat tertahan (%)	Berat komulatif tertahan (%)	Berat komulatif lolos (%)
9,5	0,0	0,00	0,00	100,00
4,78	64,8	8,11	8,11	91,89
2,36	109,8	13,76	21,87	78,13
1,18	126,1	15,79	37,66	62,34

0,6	144,6	18,11	55,78	44,22
0,3	173,2	21,69	77,47	22,53
0,15	179,9	22,53	100,00	0,00
Jumlah	798,4	100,00	300,89	

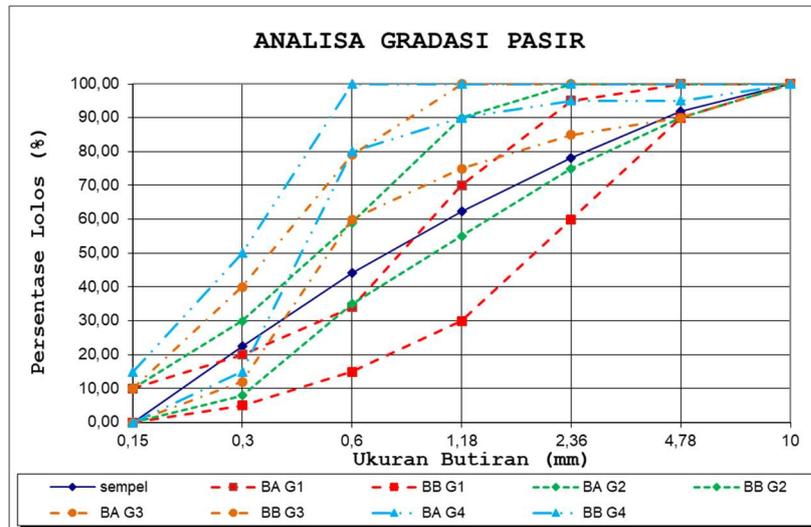
Menurut SNI 03-2834-2000, terdapat tabel 4. gradasi pasir sebagai berikut

Pasir Muntlan termasuk Zone II (pasir agak kasar) dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4. 3 Tabel Gradasi Agregat Halus

% Lolos Saringan/Ayakan								
Ukuran Saringan				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
(Ayakan)				Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus	Fine Aggregate
mm	SNI	ASTM	inch	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No. 3	Gradasi No. 4	Sieve Analysis
9,50	9,6	¾ in	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10
Tabel Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33)								The fine aggregate shall have not more than 45 % passing any sieve and retained on the next consecutive sieve

Dari hasil uji gradasi pasir didapatkan grafik seperti gambar berikut :



Gambar 4. 1 Gradasi Pasir Muntilan serta Batasan Gradasi Campuran

4.1.4. Senggang Spiral

Senggang Spiral yang digunakan adalah tulangan besi polos berdiameter 4.4 mm, pemeriksaan dilakukan secara visual, yaitu tulangan besi tidak dalam kondisi karatan atau baik dalam kondisi 99 %. Banyaknya yang diujikan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Formasi Penulangan Benda Uji

Diameter Spiral (cm)	Tinggi Spiral (cm)	Diameter Tulangan (mm)	Jarak Spiral (cm)	Jumlah Spiral (buah)
15	34	4,4	34	1
15	34	4,4	2	6
15	34	4,4	4	6
15	34	4,4	6	6
Jumlah				19

4.1.5. Kuat Tarik Baja

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 yang dilakukan di Laboratorium Universitas Diponegoro didapatkan hasil seperti berikut :

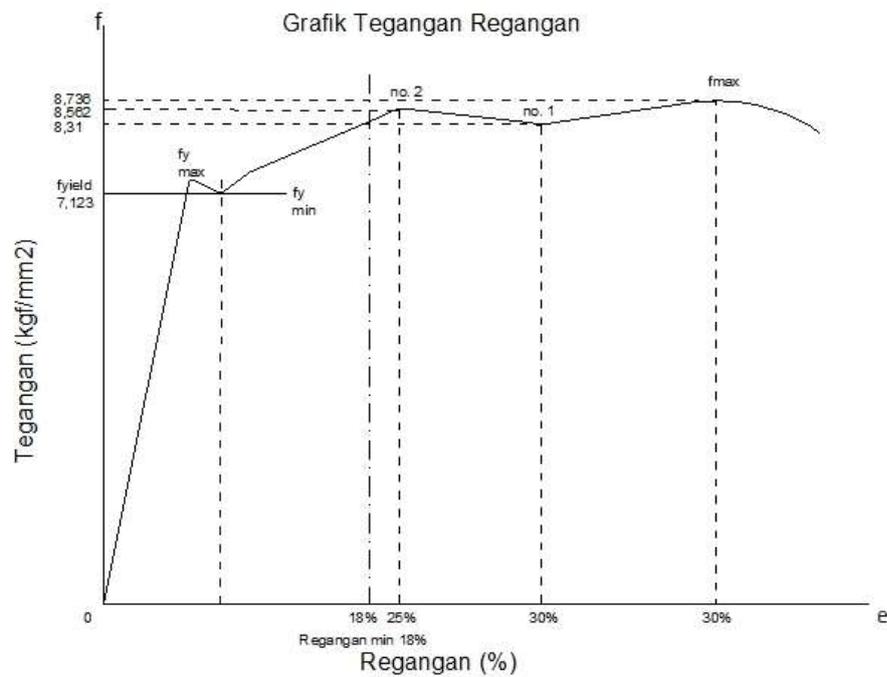
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

No.	Kode Benda Uji	Berat (kg/0.295m)	Diameter Pengujian (mm)	Lo (mm)	Δlu (mm)	Elongation (%)	Fyield (kN)	Fmax (kN)	σ yield (N/mm ²)	σ max (N/mm ²)
1	Ø4	0,03385	4,05	81	24	30	9	10,5	698,34	814,73
2	Ø4	0,0335	3,99	81	24	25	9	10,5	719,5	839,42
3	Ø4	0,03365	3,95	81	24	30	9	10,5	734,15	856,51

4.1.6. 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 :



Gambar 4. 2 Grafik Tegangan dan Regangan Batang Tulangan Baja

4.2 Perencanaan Campuran Mortar

Perencanaan campuran (mix design) dimaksudkan untuk mendapatkan campuran dengan mutu sebaik-baiknya yaitu kuat tekan yang tinggi dan mudah dikerjakan. Selimut beton yang digunakan berupa mortar, yaitu campuran semen dan pasir. Campuran dalam penelitian ini mengacu pada perencanaan campuran beton 1:2:3. Maka mix design untuk mortar tersebut adalah 1:3. FAS yang digunakan yaitu 1,0. Berikut tabel pengujian mortar FAS 1,0 :

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Mortar

FAS	Berat (Kg)	Daya Tekan (Kgf)	Fc (N/mm ²)	Fc rata-rata (N/mm ²)
1	11,26	20062,40	11,35	11,48
	11,37	17722,80	10,02	
	10,90	23148,80	13,09	

4.3 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan setelah umur beton mencapai umur 28 hari atau lebih. Data hasil pengujian kuat tekan beton tanpa sengkang dan beton dengan sengkang dengan jarak sengkang spiral 2 cm, 4 cm, dan 6 cm disajikan dalam Lampiran 4. Untuk melihat pengaruh jarak sengkang terhadap kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini. Adapun acuan yang digunakan untuk mencari kuat tekan beton yaitu menggunakan faktor koreksi beton, berikut tabel faktor koreksi beton :

Tabel 4. 7 Faktor Koreksi Beton

Sumber : SNI 1974:2011

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor Koreksi
50	100	1.09
75	150	1.06
100	200	1.04
125	250	1.02
150	300	1.00
150	340	0.9826
175	350	0.98
200	400	0.96
250	500	0.93

300	600	0.91
-----	-----	------

Cara menghitung Faktor Koreksi dengan tinggi benda uji 340 mm :

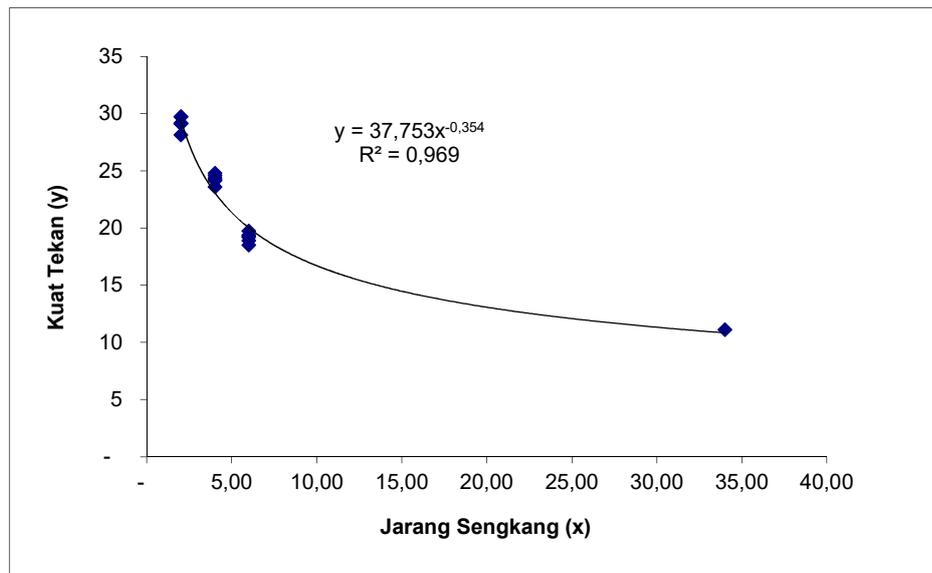
$$Faktor Korelasi = \frac{(340 - 300)}{300} \times (1 - 0,98) + 0,98$$

Tabel 4. 8 Hasil Kuat Tekan Beton

NO	JARAK	LUAS	BERAT	DAYA TEKAN	KUAT TEKAN	KUAT TEKAN
	SENGKANG	PENAMPANG				RATA - RATA
	(CM)	(CM2)				(MPA)
1	34,00	176,63	13,50	20,00	11,13	11,13
2	6,00	176,63	13,50	35,50	19,75	19,18
3	6,00	176,63	13,60	34,67	19,29	
4	6,00	176,63	13,40	34,55	19,22	
5	6,00	176,63	13,50	33,29	18,52	
6	6,00	176,63	13,40	34,89	19,41	
7	6,00	176,63	13,00	33,99	18,91	
8	4,00	176,63	13,40	42,47	23,63	
9	4,00	176,63	13,10	44,62	24,82	
10	4,00	176,63	13,10	43,88	24,41	
11	4,00	176,63	13,00	43,47	24,18	
12	4,00	176,63	13,10	44,28	24,63	
13	4,00	176,63	13,00	43,59	24,25	
14	2,00	176,63	12,90	52,45	29,18	29,20
15	2,00	176,63	13,00	53,50	29,76	
16	2,00	176,63	12,90	52,38	29,14	
17	2,00	176,63	12,80	50,62	28,16	
18	2,00	176,63	13,00	52,47	29,19	
19	2,00	176,63	12,90	53,49	29,76	

Dari tabel di atas menjelaskan bahwa dengan adanya sengkang dapat meningkatkan kuat tekan beton dan makin pendek jarak sengkang akan makin tinggi kuat tekan beton tersebut. Mutu beton tanpa sengkang 11,13 MPa dapat

meningkat menjadi 19,18 MPa dengan penambahan sengkang jarak sengkang 6 cm. Lalu meningkat menjadi 24,32 MPa dengan penambahan sengkang jarak sengkang 4 cm, dan meningkat menjadi 29,20 MPa pada penambahan sengkang berjarak 2 cm.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Jarak Sengkang dengan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil penelitian dengan tanpa sengkang diperoleh kuat tekan sebesar 11,13 MPa, dengan jarak sengkang 6 cm diperoleh kuat tekan rata-rata 19,18 MPa. Dengan jarak sengkang 4 cm diperoleh kuat tekan rata-rata 24,32 MPa. Dengan jarak sengkang 2 cm diperoleh kuat tekan rata-rata 29,20 MPa. Maka dari data tersebut dapat disimpulkan dengan jarak sengkang lebih rapat maka akan diperoleh kuat tekan yang besar pula.

Dari Gambar 4.3 hubungan kuat tekan beton dengan jarak sengkang membentuk garis lengkung dan didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$y = 37,753 x^{-0,354}$$

dimana :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Jarak sengkang (cm)

Sedangkan korelasi yang didapatkan yaitu 96,9%, dimana nilai tersebut mendekati 100%. Korelasi 96,9% menunjukkan bahwa ikatan keduanya sangat kuat. Hal ini dapat dikatakan bahwa adanya pengaruh yang kuat antara sampel-sampel tersebut, yaitu semakin rapat jarak suatu sampel semakin besar kuat tekan beton tersebut.

Jika dihitung persentase peningkatan kuat tekan beton dengan jarak sengkang terhadap beton tanpa sengkang terlihat pada tabel 4.9 :

Tabel 4. 9 Presentase Peningkatan Kuat Tekan Beton dan Jarak Sengkang

Jarak sengkang (cm)	Kuat Tekan Rata-Rata (kg/cm ²)	Peningkatan Kuat Tekan (%)
tanpa sengkang	11,13	0
6	19,18	72,33
4	24,32	118,51
2	29,20	162,35

Selain dari hasil Tabel 4.9 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 sengkang, hal ini menandakan bahwa bagian yang tidak terselimuti sengkang mempunyai kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton yang terselimuti sengkang. Kerusakan yang paling

besar terjadi pada bagian tengah benda uji karena mempunyai gaya tekan yang paling besar.

4.4 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 (SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.10 dan 3.3.11). Untuk komponen struktur tekan tanpa pengaku lateral, atau tidak disokong untuk tertahan kearah samping, efek kelangsingan dapat diabaikan apabila memenuhi :

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

dimana :

k = factor panjang efektif komponen struktur tekan

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran (*radius gyration*) potongan lintang komponen

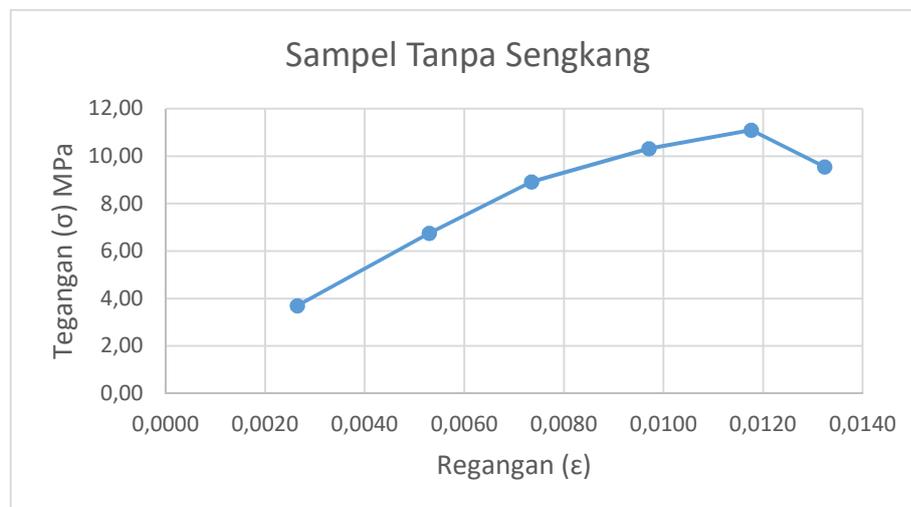
struktur tekan = $\sqrt{I/A}$; ditetapkan 0,30 h dimana h ukuran dimensi kolom persegi pada arah beketjanya momen; atau 0,25D, dimana D adalah diameter kolom bulat

Menurut SK SNI T-15-1991-03, 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

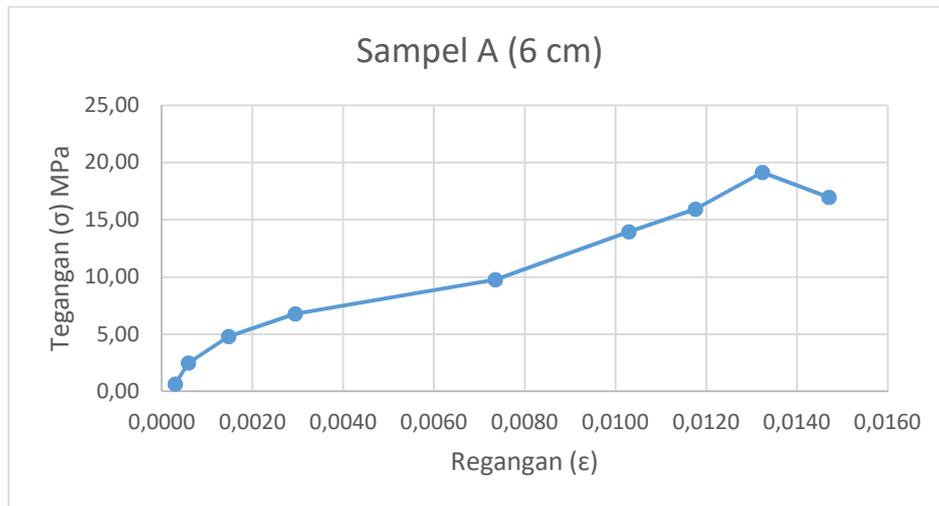
hasil penelitian didapat kelangsingannya yaitu **16,30** yang tergolong **kolom pendek**.

4.5 Modulus Elastisitas Beton

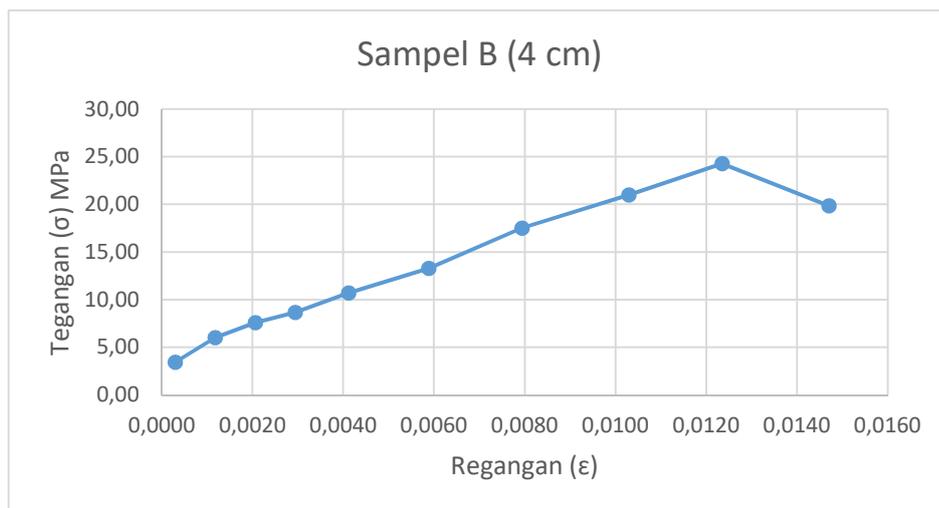
Modulus ini dapat didefinisikan sebagai perbandingan tegangan yang bekerja dengan regangan yang dihasilkan oleh beton. Secara eksperimental, modulus ini dapat ditentukan dari pengukuran kemiringan dari kurva tegangan-regangan (*stress-strain*) yang dihasilkan dalam pengujian kuat tekan beton. Berdasarkan kurva tegangan-regangan beton dapat diprediksi perilaku beton ketika diberi beban. Berikut merupakan grafik tegangan-regangan sampel yang telah diuji.



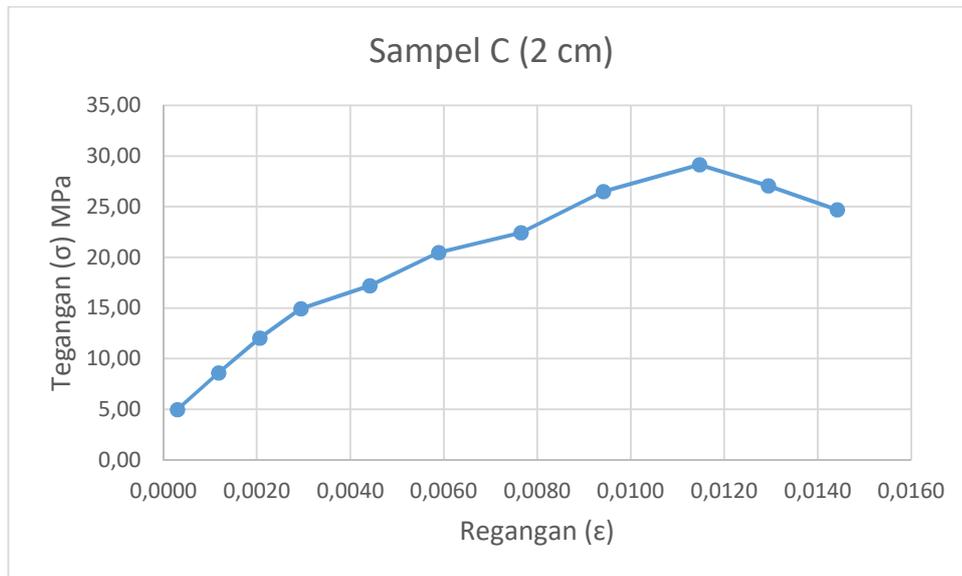
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan tanpa Sengkang



Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Dengan Jarak Sengkok 6 cm



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Dengan Jarak Sengkok 4 cm



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Dengan Jarak Sengkang 2 cm

Menurut SNI-03-1726-2002, hasil grafik penelitian tersebut regangan beton sudah sesuai dengan persyaratan yang menyebutkan regangan maksimum 0,0030. Sedangkan pada beton normal regangan yang terjadi antara 0,0020+0,0030.

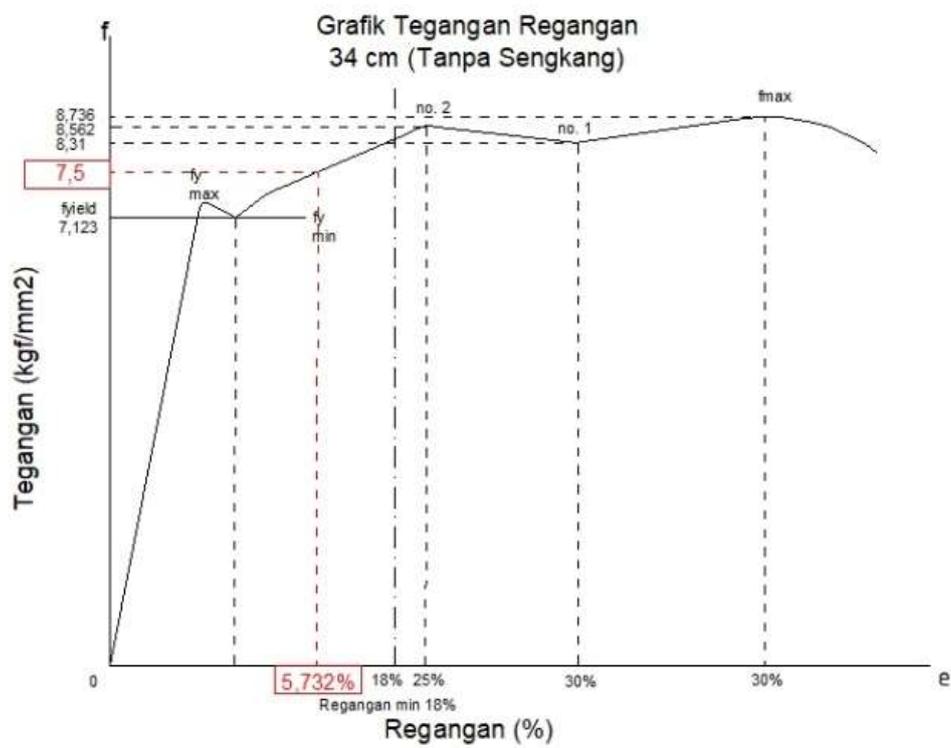
4.6 Regangan Lateral

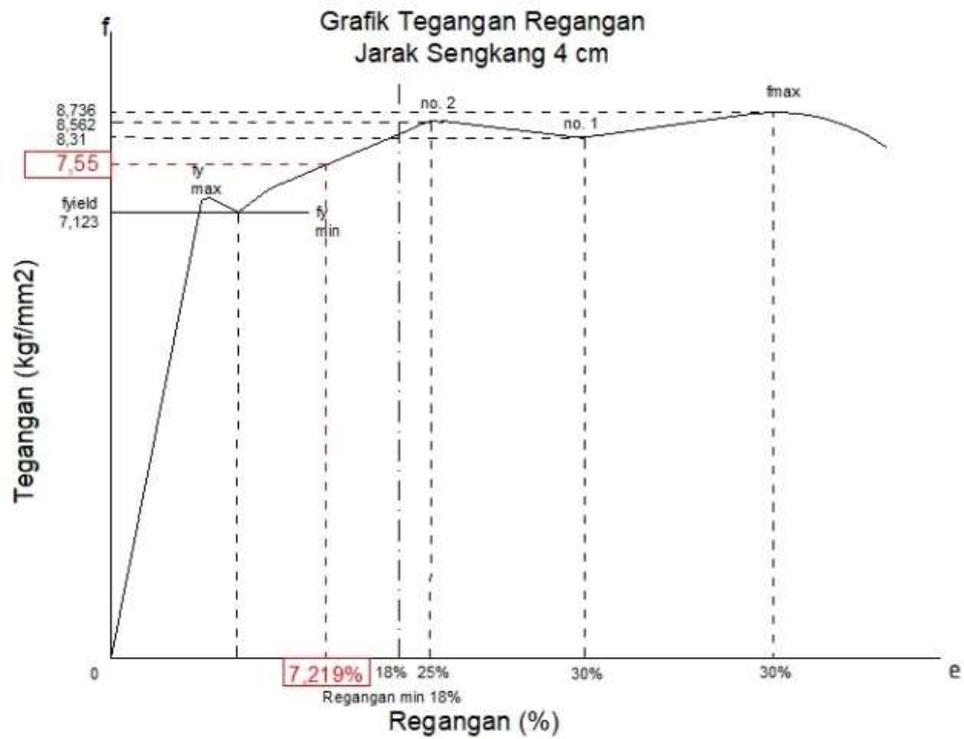
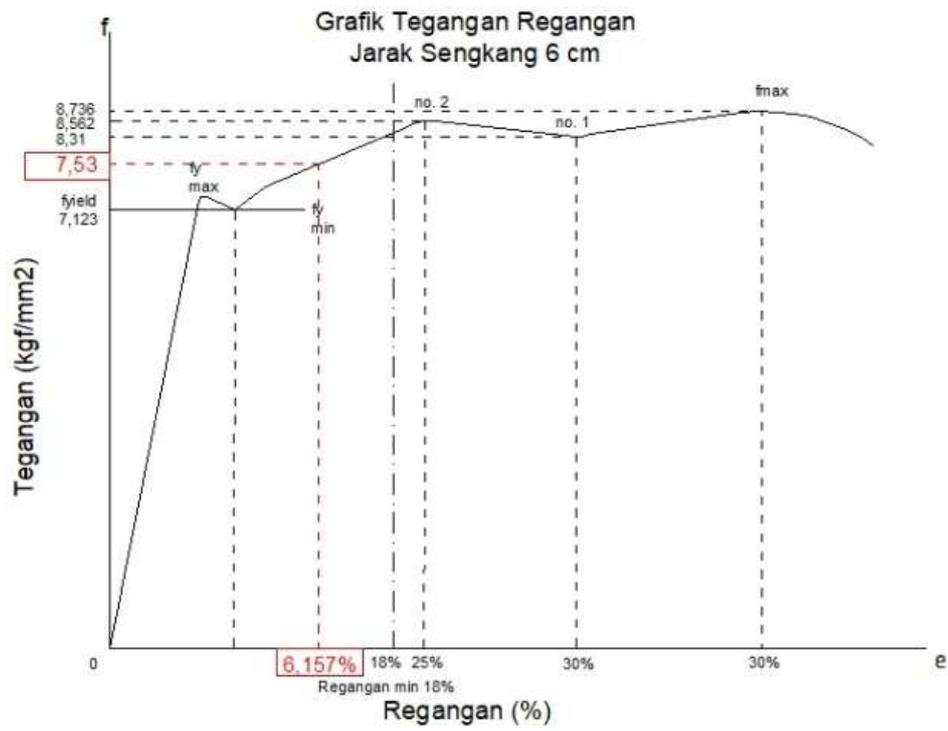
Menurut Sutrisno. 2009. Dari hasil perhitungan regangan lateral didapatkan untuk jarak tanpa sengkang adalah 0,0152. Jarak sengkang 6 cm adalah 0,0144. Jarak sengkang 4 cm adalah 0,0123. Jarak sengkang 2 cm adalah 0,0104. Semakin dekat jarak sengkang, maka semakin besar pula regangan yang dihasilkan. Rata-rata regangan lateral yang dihasilkan yaitu 0,0131. Termasuk regangan elastis.

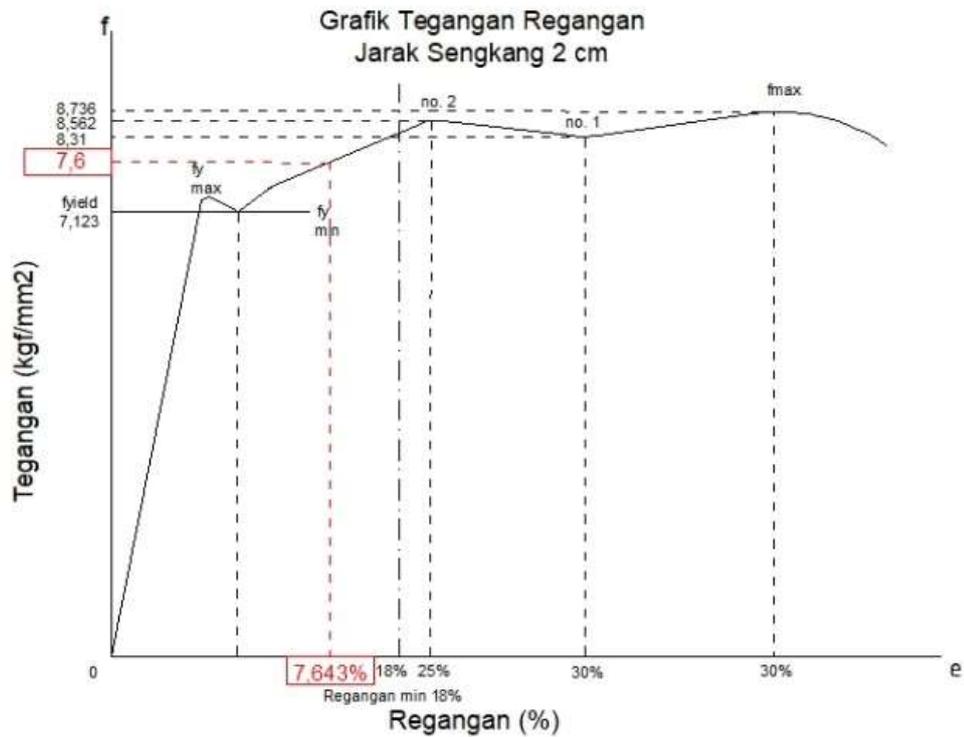
Namun dengan hasil penelitian yang dilakukan bahwa regangan yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Regangan Lateral

Jarak Sengkang	Regangan (%)	Tegangan (N/mm ²)
Tanpa Sengkang	5,732	7,50
6 cm	6,157	7,53
4 cm	7,219	7,55
2 cm	7,643	7,60







Gambar 4. 8 Regangan Lateral

4.7 *Possion Ratio*

Dari perhitungan menurut ASTM C 469-94, didapatkan hasil pada tabel 4.11 sebagai berikut :

Tabel 4. 11 *Poisson Ratio* Hasil Penelitian

Diameter Senggang	Jarak Senggang (cm)	<i>Poisson Ratio</i>
4 mm	Tanpa senggang	0,2028881
	6	0,2268088
	4	0,2312319
	2	0,2472022

Tabel 4. 12 *Poisson Ratio* Menurut Jurnal Sutrisno

Serat baja	<i>Poisson Ratio</i> (Jurnal)
0 mm	0,2262936
25 mm	0,2376783
50 mm	0,2624827
25 dan 50	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 poissonnya berubah (Gere, Timoshenko, 1997).

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian perbaikan beton rusak berdiameter 10 cm dan tinggi 30 cm dengan diselimuti mortar setebal 2,5 cm lalu menjadi benda uji yang memiliki diameter 15 cm dan tinggi 34 cm. Maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, perbaikan beton dilakukan dengan penyekangan spiral dan diselimuti mortar setebal 2,5 cm dengan Faktor Air Semen (FAS) yang digunakan yaitu 1,0, karena memiliki f_c lebih besar disbanding FAS 0,8 dan 0,9 yaitu 11,29 N/mm².
2. Dengan jarak sengkang semakin rapat akan diperoleh kuat tekan yang semakin besar pula, yaitu :
 - Tanpa menggunakan sengkang menghasilkan kuat tekan 11,13 MPa
 - Jarak sengkang 6 cm menghasilkan kuat tekan 19,18 MPa dan meningkat sebesar 72,33 % dibandingkan tanpa menggunakan sengkang.
 - Jarak sengkang 4 cm menghasilkan kuat tekan 24,32 MPa, dan meningkat sebesar 118,51 % dibandingkan tanpa menggunakan sengkang.
 - Jarak sengkang 2 cm menghasilkan kuat tekan 29,20 MPa, dan meningkat sebesar 162,35 % dibandingkan tanpa menggunakan sengkang.

3. Hubungan kuat tekan perbaikan metode sengkang spiral terhadap jarak antar sengkang adalah sebagai berikut :

$$y = 37,753 x^{-0.354}$$

dimana :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Jarak sengkang (cm)

Dengan adanya pengaruh dari jarak sengkang yang diberikan, maka hal ini juga mempengaruhi besar kuat tekan beton setelah diperbaiki. Semakin dekat jarak sengkang semakin besar pula kuat tekan beton yang dihasilkan.

5.2 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 lebih lanjut tentang pengaruh sengkang terhadap kuat tekan beton
2. Perlu diadakan penelitian penyempurnaan dengan tambahan pengujian terhadap regangan dan tulangan pada baja yang bervariasi
3. Karena besi telah leleh, jadi regangan besi sudah optimal. Kehancuran beton terpengaruh oleh jarak sengkang. Maka untuk penelitian selanjutnya, disarankan menggunakan baja minimal berdiameter 6 mm.

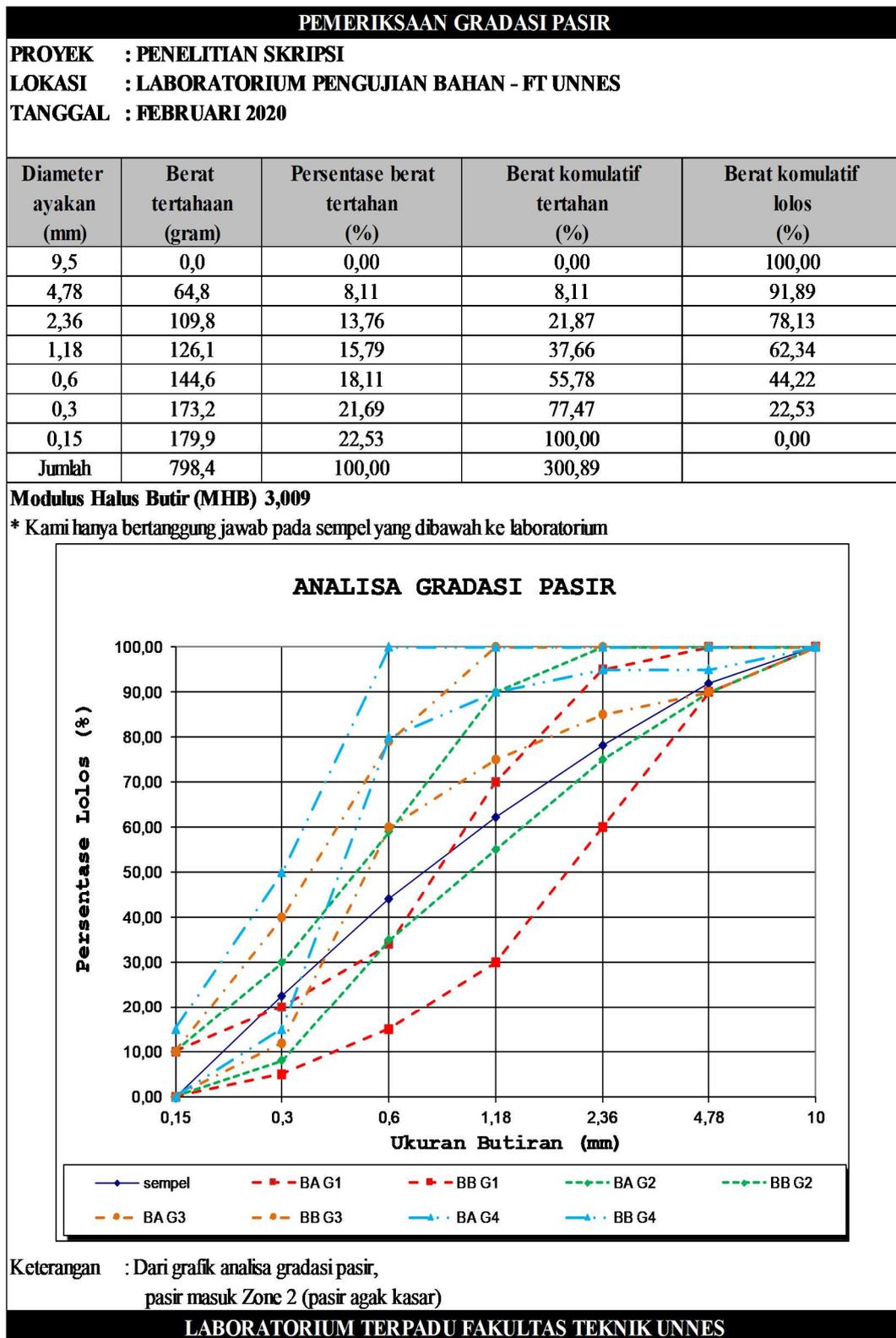
DAFTAR PUSTAKA

- Artiningsih, T. P. 2019. Kajian Penggunaan Ferro-Cement Untuk Retrofit Kolom Beton Bertulang Dengan Variasi Tingkat Pembebanan. *Jurnal Teknik Sipil*, 14 (3), 170-181.
- Bungin, Burhan. 2005. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Kencana: Jakarta.
- Bungin, Burhan. 2005. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Edisi Pertama, Cetakan Kedua. Jakarta: Penerbit Kencana.
- Cohen, Luis dkk. 2007. *Research Method in Education. Sixth Edition*. Routledge: New York.
- Claeson, C., dan Johansson, M. 2010. Finite Element Analysis of Confined Concrete coloumn. *Nordic Concrete Research-Publications*, 22, 1-20
- Del Vecchio, C., In Ludovico, M., Balsamo, A., & Prota, A. (2018). *Seismic retrofit concrete beam-column joints using fiber-reinforced cement composites*. J. Struct. Eng, 144 (5), 04018026.
- Dipohusodo, I. 1994. Struktur beton bertulang, berdasarkan SK SNI T-15-1991- 03 Departemen Pekerjaan Umun RI. Gramedia Pustaka Utama.
- Filaj, E., Seranaj, A., & Leka, E. 2016. Factors That Influence Concrete Behavior Are Limited. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 36-44.
- Fillmore, B., dan Sadeghian P. 2017. Compressive Behaviour Of Concrete Cylinder Reinforced With Glass Fiber Reinforced Polymer Bars. *Canadian Society For Civil Engineering*.
- Gere, J. dan Timoshenko, S. (1997) Mekanika Bahan. Edisi ke-4, PWS, 549.
- Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia.
- Manaha and Petrus, Y. 2008. *Confinement Efectiveness With Fine Mesh On Circular Reinforced Concrete Column*.
- Mirmiran, Amir dan Mohsen Shahawy. 1997. *Dilation karakteristik of confined concrete*.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat, Terjemahan oleh Stephanus Hindarko, Erlangga, Jakarta
- Neville, AM. 1996. Properti Beton. Edisi ke-4, Pendidikan Tinggi Pearson, Prentice Hall, Englewood Cliffs.

- Purnomo, M. 2008. Diktat Mata Kuliah Struktur Beton 2. Semarang : Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Purnomo, M. 2019. Pengaruh Sengkang Terhadap Kuat Tekan Beton Yang Sudah Rusak Dan Di Cor Kembali. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 11(2),40-45
- SK SNI T-15-1991-03. 1991. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-1968-1990. 1990 *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 07-2052-2002. 2002. *Baja Tulangan Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-1729-2002. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-3637-1994. 1994. *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-4428-1997. 1997. *Metode Pengujian Agregat Halus Atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-4804-1998. 1998. *Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 07-0408-1989. 1989. *Cara Uji Tarik Logam*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 1970-2008. 2008. *Metode uji partikel ringan dalam agregat*. ASTM C 123-03, IDT.
- SNI 1974-2011. 2011. *Metode uji partikel ringan dalam agregat*. ASTM C 123-03, IDT.
- Suroso. Hery. 2006. *Buku Ajar Teknologi Beton*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Y., Leung H dan Burgoyne C.J. 2000. *Compressive behaviour of concrete Confined by aramid fibre spirals*

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Gradasi Pasir



Lampiran 4. Kuat Tekan Beton

PENGUJIAN KUAT TEKAN						
Proyek		: PENELITIAN				
Lokasi		: KAMPUS UNNES				
Tanggal		: MEI 2020				
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)						
NO	JARAK	LUAS	BERAT	DAYA TEKAN	KUAT TEKAN	KUAT TEKAN
	SENGKANG	PENAMPANG				RATA - RATA
	(CM)	(CM ²)				(MPA)
1	34,00	176,63	13,50	20,00	11,13	11,13
2	6,00	176,63	13,50	35,50	19,75	19,18
3	6,00	176,63	13,60	34,67	19,29	
4	6,00	176,63	13,40	34,55	19,22	
5	6,00	176,63	13,50	33,29	18,52	
6	6,00	176,63	13,40	34,89	19,41	
7	6,00	176,63	13,00	33,99	18,91	
8	4,00	176,63	13,40	42,47	23,63	
9	4,00	176,63	13,10	44,62	24,82	
10	4,00	176,63	13,10	43,88	24,41	
11	4,00	176,63	13,00	43,47	24,18	
12	4,00	176,63	13,10	44,28	24,63	
13	4,00	176,63	13,00	43,59	24,25	
14	2,00	176,63	12,90	52,45	29,18	29,20
15	2,00	176,63	13,00	53,50	29,76	
16	2,00	176,63	12,90	52,38	29,14	
17	2,00	176,63	12,80	50,62	28,16	
18	2,00	176,63	13,00	52,47	29,19	
19	2,00	176,63	12,90	53,49	29,76	

$y = 37,753x^{-0,354}$
 $R^2 = 0,969$

LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES

Lampiran 5. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

LABORATORIUM BAHAN DAN KONSTRUKSI

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNDIP

KAMPUS TEMBALANG SEMARANG

TELP. (024) 76480727 FAX. (024) 76480727

Nomor :002/LBK-BJ/V/2020

Perihal : Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengirim : REZA KHRISNA PUTRA

Proyek : Penyelesaian Skripsi / Tugas Akhir

No	Kode Benda Uji	Berat (kg/0.295 m)	Diameter pengujian (mm)	Lo (mm)	ΔLu (mm)	Elongation (%)	F_{yield} (kN)	F_{max} (kN)	σ_{yield} (N/mm ²)	σ_{max} (N/mm ²)
1	Ø4	0.03385	4.05	81.00	24.00	30	9.00	10.50	698.34	814.73
2	Ø4	0.03350	3.99	81.00	20.00	25	9.00	10.50	719.50	839.42
3	Ø4	0.03365	3.95	81.00	24.00	30	9.00	10.50	734.15	856.51
1 N/mm ² = 1 MPa Lo = panjang mula-mula ; regangan minimal 18 % F _{yield} = gaya leleh; F _{max} = gaya ultimate; σ_{yield} = tegangan leleh ; σ_{max} = tegangan ultimate										

Catatan : Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang dikirim / diuji.

Penanggung jawab pengujian,

Mentari S Sitorus, STSemarang, 05 Mei 2020
Koordinator Laboratorium,Ir. Purwanto, MT., M.Eng
NIP. 19630711 199102 1 002

Lampiran 6. Regangan Tulangan Baja

HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN						
Proyek		: PENELITIAN				
Lokasi		: KAMPUS UNNES				
Tanggal		: MEI 2020				
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)						
						Kode Sampel
						Tanpa Sengkang
D =	15 cm					
t =	34 cm	=		340 mm		
A =	176,625 cm					
No	Dial	ΔL	Regangan ($\Delta L/L_0$)	P (kgf)	Tegangan (σ) (Kg/cm ²)	Tegangan (σ) Mpa
1	9	0,009	0,0026	6668,2	37,75	3,70
2	18	0,018	0,0053	12164,5	68,87	6,76
3	25	0,025	0,0074	16067,3	90,97	8,92
4	33	0,033	0,0097	18587,9	105,24	10,32
5	40	0,04	0,0118	20000,0	113,23	11,11
6	45	0,045	0,0132	17211,3	97,45	9,56
LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN JURUSAN TEKNIK SIPIL - UNNES						

HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

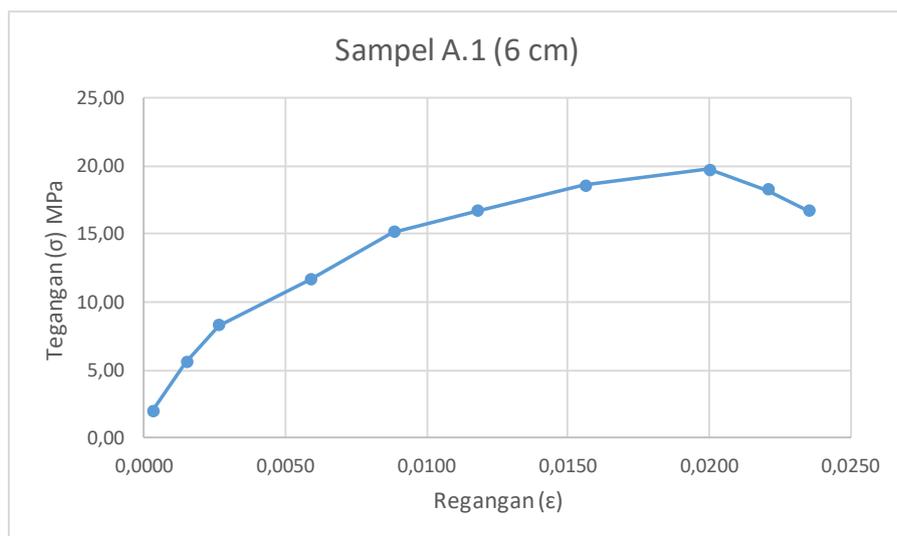
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel A.1

Jarak 6 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	3568,4	20,20	1,98
2	5	0,005	0,0015	10064,7	56,98	5,59
3	9	0,009	0,0026	14967,5	84,74	8,31
4	20	0,02	0,0059	21042,2	119,13	11,69
5	30	0,03	0,0088	27312,6	154,64	15,17
6	40	0,04	0,0118	30082,4	170,32	16,71
7	53	0,053	0,0156	33382,7	189,00	18,54
8	68	0,068	0,0200	35500,0	200,99	19,72
9	75	0,075	0,0221	32897,5	186,26	18,27
10	80	0,08	0,0235	30056,8	170,17	16,69



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

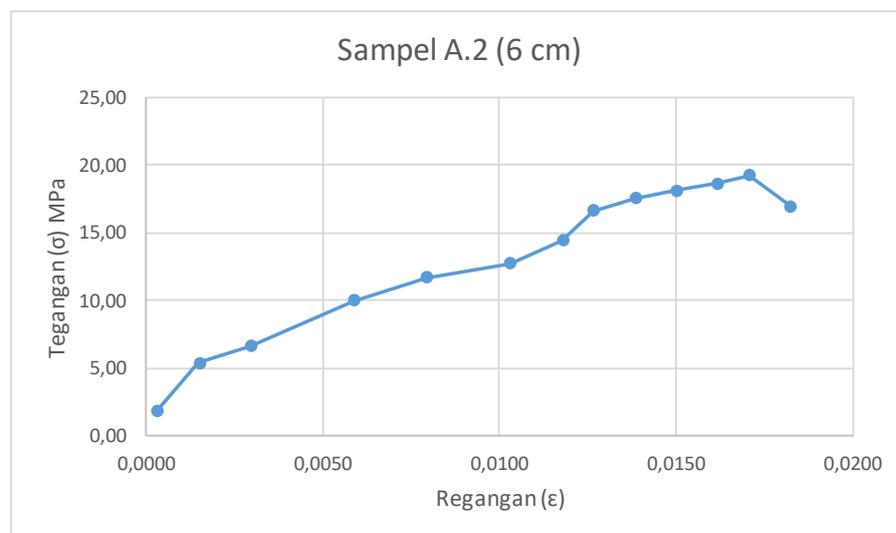
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel A.2

Jarak 6 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	3468,4	19,64	1,93
2	5	0,005	0,0015	9756,8	55,24	5,42
3	10	0,01	0,0029	12006,5	67,98	6,67
4	20	0,02	0,0059	18038,5	102,13	10,02
5	27	0,027	0,0079	21038,0	119,11	11,68
6	35	0,035	0,0103	22998,5	130,21	12,77
7	40	0,04	0,0118	25978,5	147,08	14,43
8	43	0,043	0,0126	29957,5	169,61	16,64
9	47	0,047	0,0138	31558,2	178,67	17,53
10	51	0,051	0,0150	32717,7	185,24	18,17
11	55	0,055	0,0162	33580,8	190,12	18,65
12	58	0,058	0,0171	34670,0	196,29	19,26
13	62	0,062	0,0182	30563,7	173,04	16,98



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

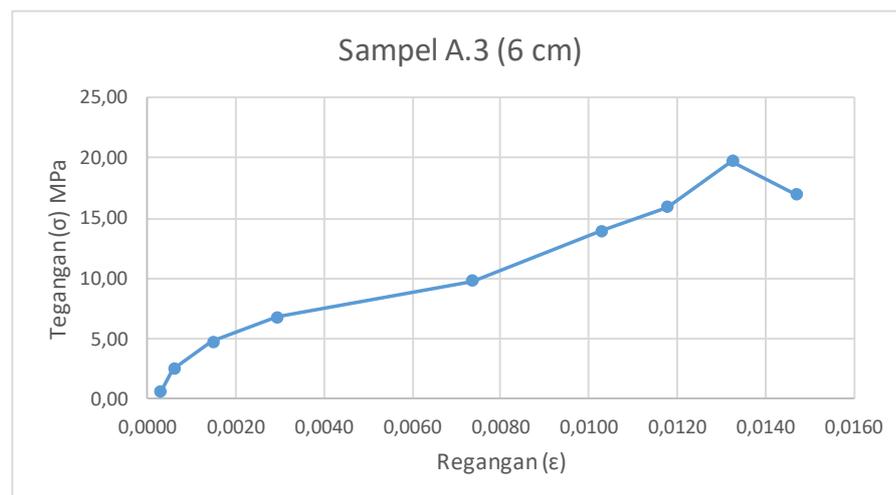
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel A.3

Jarak 6 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan ($\Delta L/L_0$)	P (kgf)	Tegangan (σ) (Kg/cm ²)	Tegangan (σ) Mpa
1	1	0,001	0,0003	1161,9	6,58	0,65
2	2	0,002	0,0006	4464,8	25,28	2,48
3	5	0,005	0,0015	8621,6	48,81	4,79
4	10	0,01	0,0029	12215,2	69,16	6,78
5	25	0,025	0,0074	17592,2	99,60	9,77
6	35	0,035	0,0103	25132,5	142,29	13,96
7	40	0,04	0,0118	28678,5	162,37	15,93
8	45	0,045	0,0132	35550,0	201,27	19,74
9	50	0,05	0,0147	30558,2	173,01	16,97



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

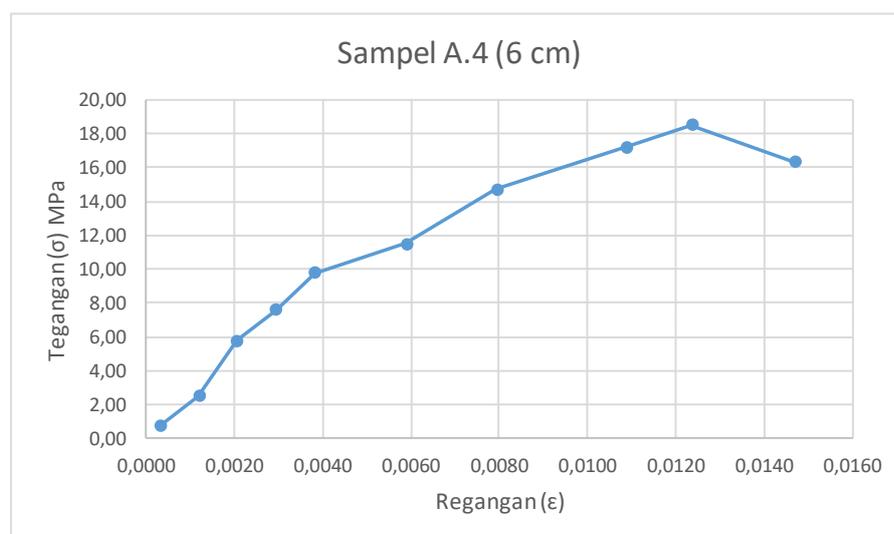
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel A.4

Jarak 6 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	1324,9	7,50	0,74
2	4	0,004	0,0012	4566,9	25,86	2,54
3	7	0,007	0,0021	10419,5	58,99	5,79
4	10	0,01	0,0029	13714,0	77,64	7,62
5	13	0,013	0,0038	17592,2	99,60	9,77
6	20	0,02	0,0059	20674,0	117,05	11,48
7	27	0,027	0,0079	26510,8	150,10	14,72
8	37	0,037	0,0109	30976,8	175,38	17,20
9	42	0,042	0,0124	33290,0	188,48	18,49
10	50	0,05	0,0147	29370,8	166,29	16,31



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

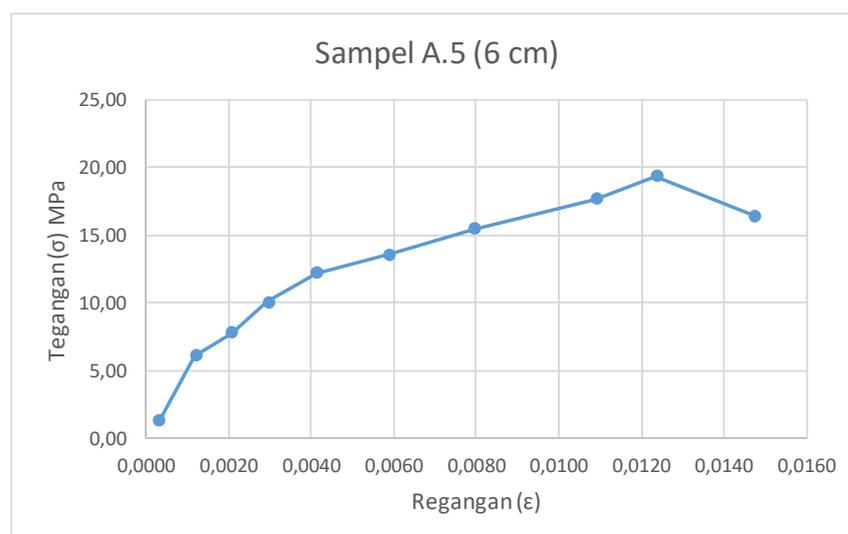
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel A.5

Jarak 6 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	2430,4	13,76	1,35
2	4	0,004	0,0012	11019,7	62,39	6,12
3	7	0,007	0,0021	14054,1	79,57	7,81
4	10	0,01	0,0029	18139,2	102,70	10,07
5	14	0,014	0,0041	22086,6	125,05	12,27
6	20	0,02	0,0059	24504,6	138,74	13,61
7	27	0,027	0,0079	27915,5	158,05	15,50
8	37	0,037	0,0109	31903,0	180,63	17,72
9	42	0,042	0,0124	34890,0	197,54	19,38
10	50	0,05	0,0147	29680,8	168,04	16,49



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

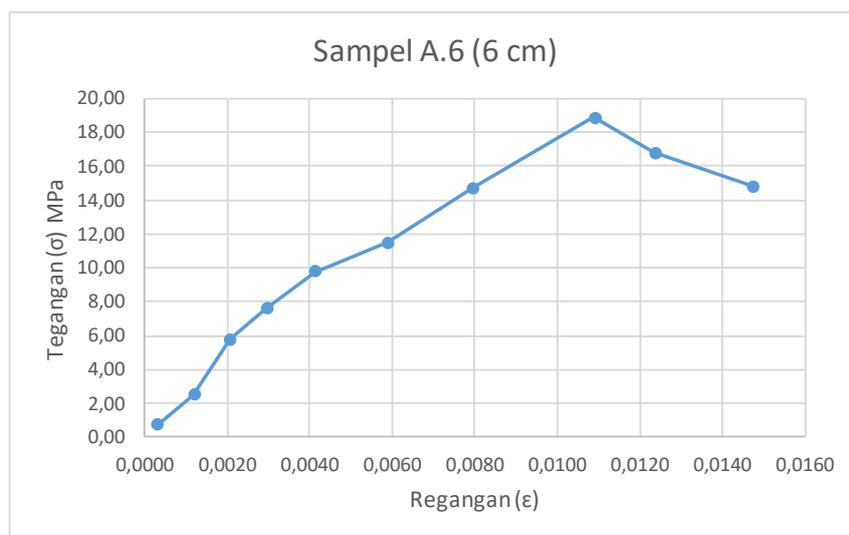
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel A.6

Jarak 6 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	1324,9	7,50	0,74
2	4	0,004	0,0012	4566,9	25,86	2,54
3	7	0,007	0,0021	10419,5	58,99	5,79
4	10	0,01	0,0029	13714,0	77,64	7,62
5	14	0,014	0,0041	17592,2	99,60	9,77
6	20	0,02	0,0059	20674,0	117,05	11,48
7	27	0,027	0,0079	26510,8	150,10	14,72
8	37	0,037	0,0109	33990,0	192,44	18,88
9	42	0,042	0,0124	30290,0	171,49	16,82
10	50	0,05	0,0147	26680,8	151,06	14,82



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

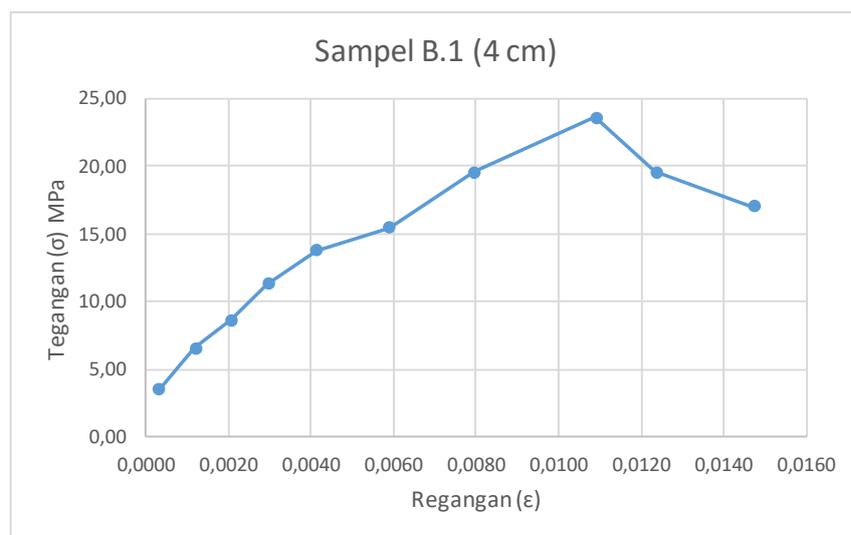
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel B.1

Jarak 4 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	6324,9	35,81	3,51
2	4	0,004	0,0012	11866,9	67,19	6,59
3	7	0,007	0,0021	15619,5	88,43	8,68
4	10	0,01	0,0029	20344,0	115,18	11,30
5	14	0,014	0,0041	24892,2	140,93	13,83
6	20	0,02	0,0059	27820,0	157,51	15,45
7	27	0,027	0,0079	35286,0	199,78	19,60
8	37	0,037	0,0109	42470,0	240,45	23,59
9	42	0,042	0,0124	35290,0	199,80	19,60
10	50	0,05	0,0147	30680,8	173,71	17,04



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

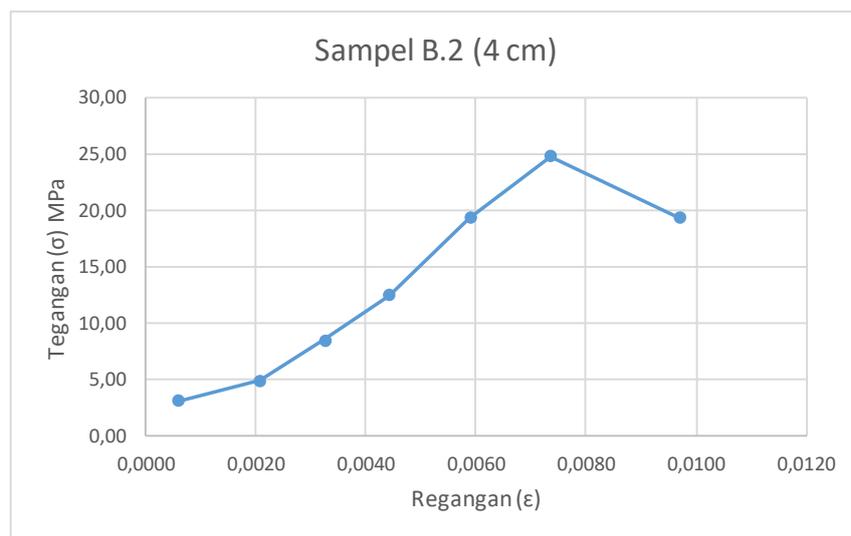
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel B.2

Jarak 4 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	2	0,002	0,0006	5684,9	32,19	3,16
2	7	0,007	0,0021	8928,8	50,55	4,96
3	11	0,011	0,0032	15390,2	87,13	8,55
4	15	0,015	0,0044	22564,0	127,75	12,53
5	20	0,02	0,0059	34822,2	197,15	19,34
6	25	0,025	0,0074	44620,0	252,63	24,78
7	33	0,033	0,0097	34786,0	196,95	19,32



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

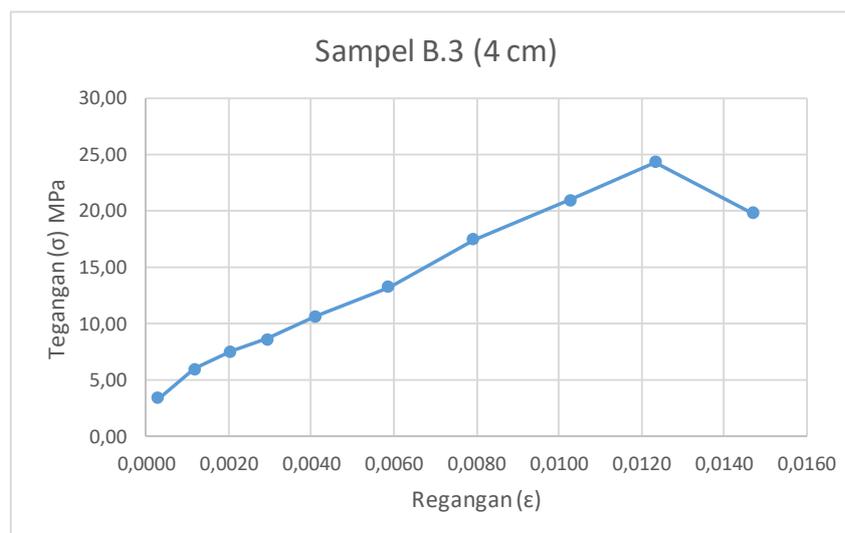
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel B.3

Jarak 4 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan ($\Delta L/L_0$)	P (kgf)	Tegangan (σ) (Kg/cm ²)	Tegangan (σ) Mpa
1	1	0,001	0,0003	6172,9	34,95	3,43
2	4	0,004	0,0012	10855,9	61,46	6,03
3	7	0,007	0,0021	13690,5	77,51	7,60
4	10	0,01	0,0029	15619,9	88,44	8,68
5	14	0,014	0,0041	19298,5	109,26	10,72
6	20	0,02	0,0059	23886,0	135,24	13,27
7	27	0,027	0,0079	31522,1	178,47	17,51
8	35	0,035	0,0103	37809,5	214,07	21,00
9	42	0,042	0,0124	43880,0	248,44	24,37
10	50	0,05	0,0147	35760,8	202,47	19,86



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

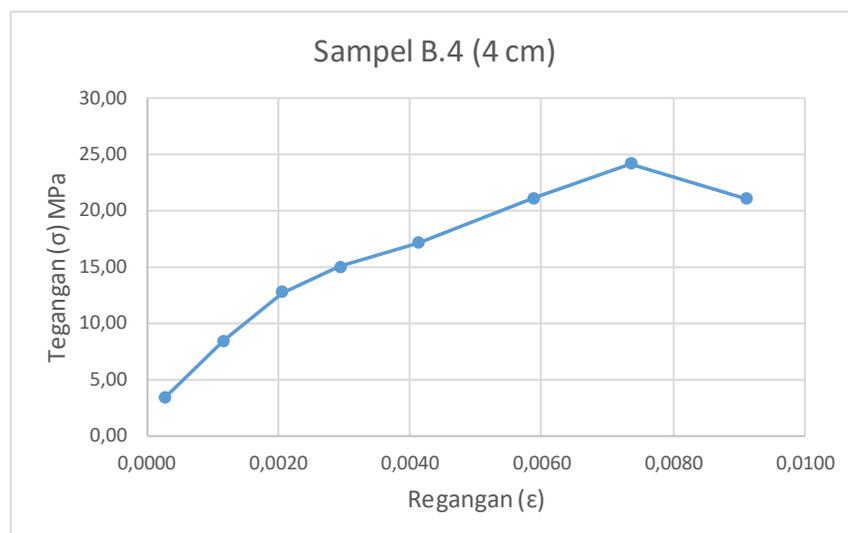
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel B.4

Jarak 4 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	6132,9	34,72	3,41
2	4	0,004	0,0012	15131,2	85,67	8,40
3	7	0,007	0,0021	22961,8	130,00	12,75
4	10	0,01	0,0029	27059,4	153,20	15,03
5	14	0,014	0,0041	30858,9	174,71	17,14
6	20	0,02	0,0059	38027,7	215,30	21,12
7	25	0,025	0,0074	43470,0	246,11	24,14
8	31	0,031	0,0091	37809,5	214,07	21,00



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

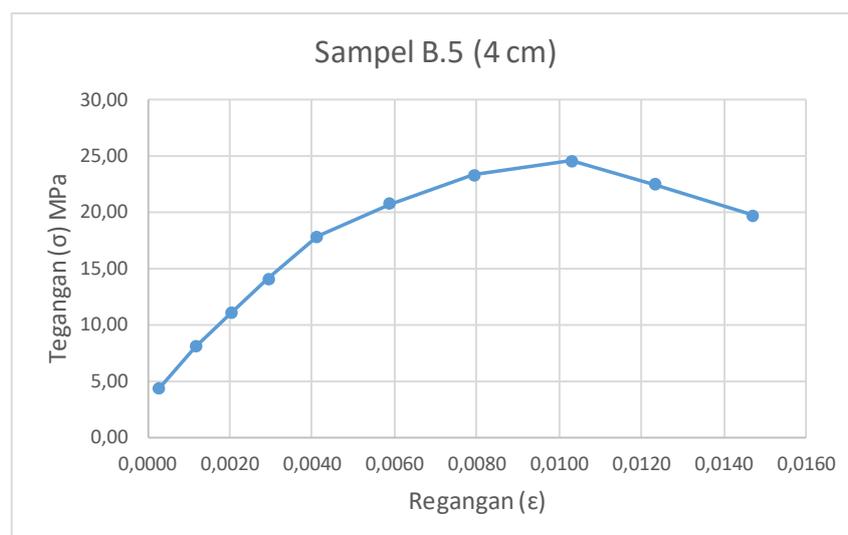
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel B.5

Jarak 4 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	7847,9	44,43	4,36
2	4	0,004	0,0012	14554,2	82,40	8,08
3	7	0,007	0,0021	20043,3	113,48	11,13
4	10	0,01	0,0029	25400,1	143,81	14,11
5	14	0,014	0,0041	32155,3	182,05	17,86
6	20	0,02	0,0059	37254,2	210,92	20,69
7	27	0,027	0,0079	41906,8	237,26	23,28
8	35	0,035	0,0103	44280,0	250,70	24,59
9	42	0,042	0,0124	40404,2	228,76	22,44
10	50	0,05	0,0147	35460,8	200,77	19,70



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

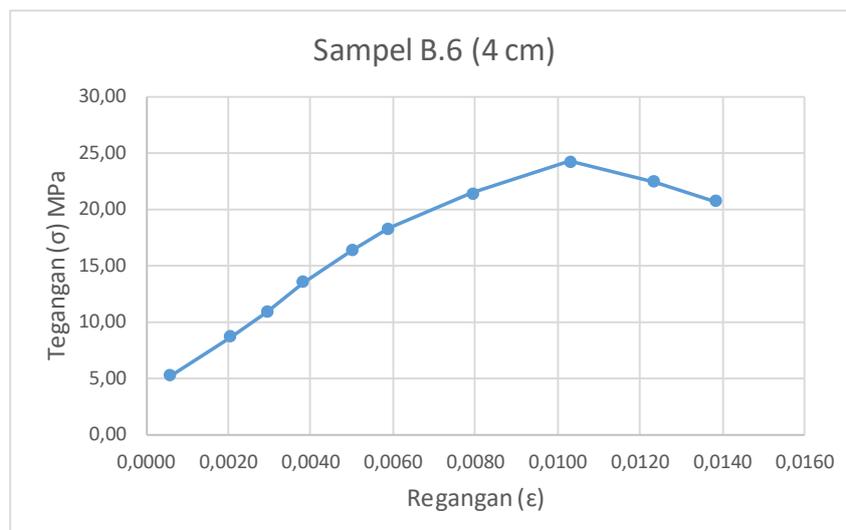
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel B.6

Jarak 4 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	2	0,002	0,0006	9449,8	53,50	5,25
2	7	0,007	0,0021	15554,2	88,06	8,64
3	10	0,01	0,0029	19591,4	110,92	10,88
4	13	0,013	0,0038	24405,5	138,18	13,56
5	17	0,017	0,0050	29404,2	166,48	16,33
6	20	0,02	0,0059	32879,0	186,15	18,26
7	27	0,027	0,0079	38638,5	218,76	21,46
8	35	0,035	0,0103	43590,0	246,79	24,21
9	42	0,042	0,0124	40404,2	228,76	22,44
10	47	0,047	0,0138	37357,4	211,51	20,75



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

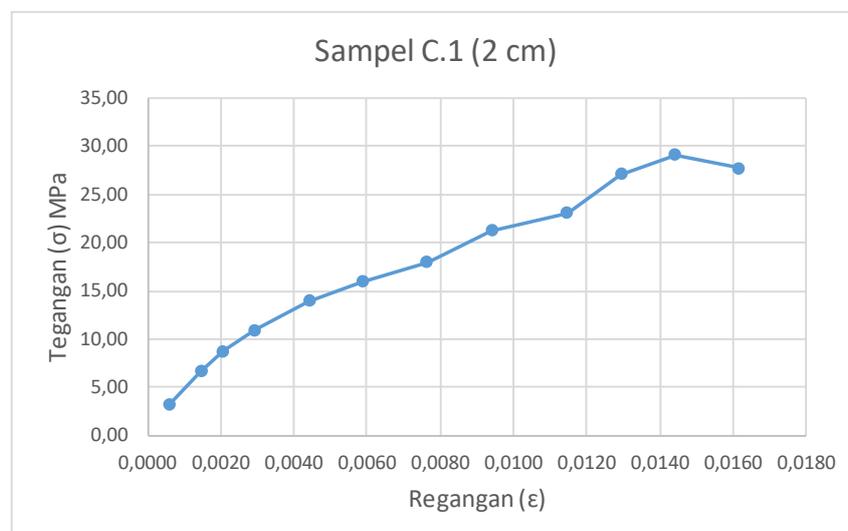
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel C.1

Jarak 2 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	2	0,002	0,0006	5732,7	32,46	3,18
2	5	0,005	0,0015	11964,8	67,74	6,65
3	7	0,007	0,0021	15745,8	89,15	8,75
4	10	0,01	0,0029	19742,6	111,78	10,97
5	15	0,015	0,0044	25132,7	142,29	13,96
6	20	0,02	0,0059	28674,3	162,35	15,93
7	26	0,026	0,0076	32359,6	183,21	17,97
8	32	0,032	0,0094	38345,9	217,10	21,30
9	39	0,039	0,0115	41535,8	235,16	23,07
10	44	0,044	0,0129	48713,4	275,80	27,06
11	49	0,049	0,0144	52450,0	296,96	29,13
12	55	0,055	0,0162	49896,0	282,50	27,71



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

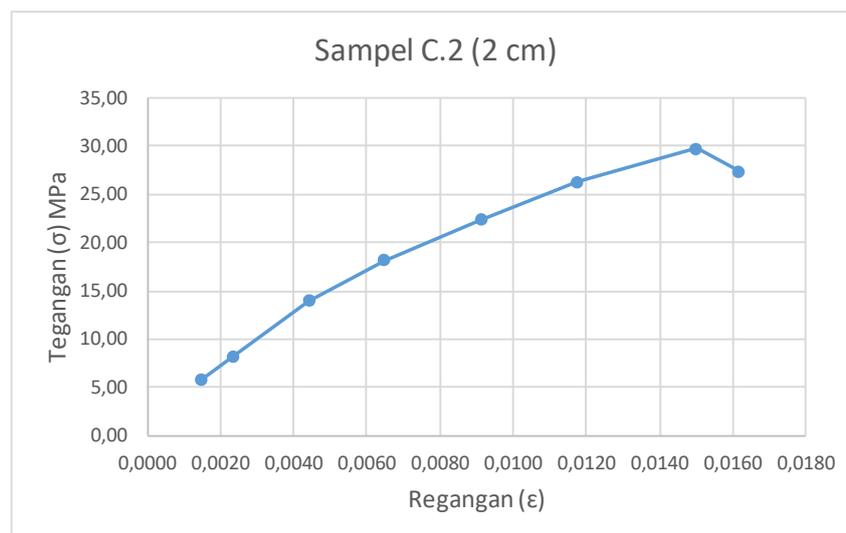
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel C.2

Jarak 2 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	5	0,005	0,0015	10282,3	58,22	5,71
2	8	0,008	0,0024	14729,3	83,39	8,18
3	15	0,015	0,0044	25144,2	142,36	13,97
4	22	0,022	0,0065	32686,6	185,06	18,15
5	31	0,031	0,0091	40274,4	228,02	22,37
6	40	0,04	0,0118	47357,5	268,12	26,30
7	51	0,051	0,0150	53500,0	302,90	29,71
8	55	0,055	0,0162	49229,4	278,72	27,34



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

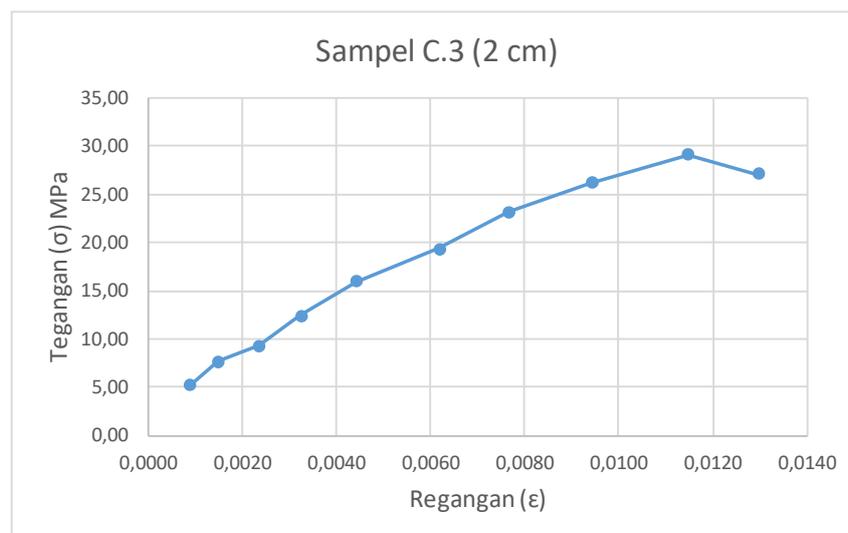
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel C.3

Jarak 2 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	3	0,003	0,0009	9392,3	53,18	5,22
2	5	0,005	0,0015	13790,3	78,08	7,66
3	8	0,008	0,0024	16783,6	95,02	9,32
4	11	0,011	0,0032	22389,4	126,76	12,44
5	15	0,015	0,0044	28768,2	162,88	15,98
6	21	0,021	0,0062	34782,2	196,93	19,32
7	26	0,026	0,0076	41689,2	236,03	23,15
8	32	0,032	0,0094	47139,4	266,89	26,18
9	39	0,039	0,0115	52380,0	296,56	29,09
10	44	0,044	0,0129	48713,4	275,80	27,06



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

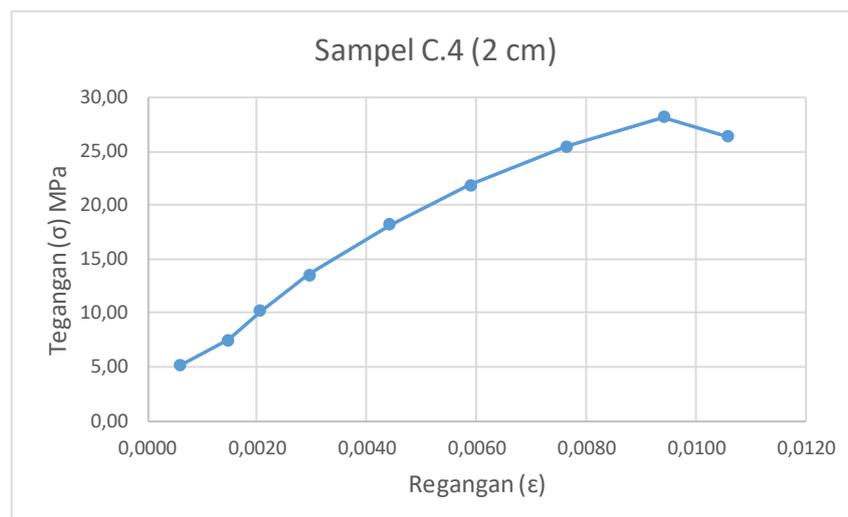
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel C.4

Jarak 2 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	2	0,002	0,0006	9294,2	52,62	5,16
2	5	0,005	0,0015	13556,3	76,75	7,53
3	7	0,007	0,0021	18353,6	103,91	10,19
4	10	0,01	0,0029	24333,5	137,77	13,52
5	15	0,015	0,0044	32799,2	185,70	18,22
6	20	0,02	0,0059	39435,3	223,27	21,90
7	26	0,026	0,0076	45789,2	259,25	25,43
8	32	0,032	0,0094	50620,0	286,60	28,12
9	36	0,036	0,0106	47423,3	268,50	26,34



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

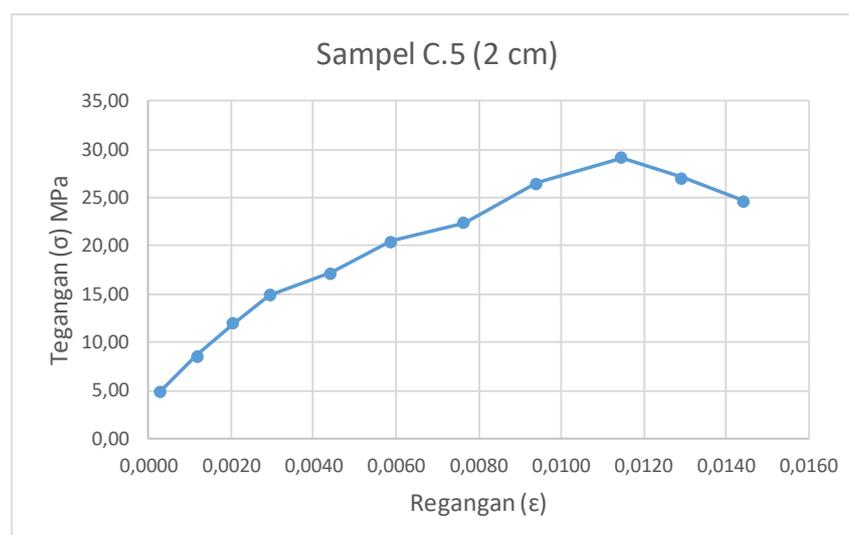
(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel C.5

Jarak 2 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan ($\Delta L/L_0$)	P (kgf)	Tegangan (σ) (Kg/cm ²)	Tegangan (σ) Mpa
1	1	0,001	0,0003	8976,4	50,82	4,99
2	4	0,004	0,0012	15483,8	87,66	8,60
3	7	0,007	0,0021	21683,4	122,77	12,04
4	10	0,01	0,0029	26893,5	152,26	14,94
5	15	0,015	0,0044	30937,3	175,16	17,18
6	20	0,02	0,0059	36878,4	208,79	20,48
7	26	0,026	0,0076	40367,5	228,55	22,42
8	32	0,032	0,0094	47686,7	269,99	26,49
9	39	0,039	0,0115	52470,0	297,07	29,14
10	44	0,044	0,0129	48713,4	275,80	27,06
11	49	0,049	0,0144	44450,0	251,66	24,69



HUBUNGAN TEGANGAN DAN REGANGAN

Proyek : PENELITIAN
 Lokasi : KAMPUS UNNES
 Tanggal : MEI 2020

(Uji Tekan Dengan Benda Uji Silinder Diameter 15cm Tinggi 34 cm)

Kode Sampel C.6

Jarak 2 cm

D = 15 cm
 t = 34 cm = 340 mm
 A = 176,625 cm

No	Dial	ΔL	Regangan	P (kgf)	Tegangan (σ)	Tegangan (σ)
			($\Delta L/L_0$)		(Kg/cm ²)	Mpa
1	1	0,001	0,0003	7276,4	41,20	4,04
2	4	0,004	0,0012	13383,8	75,78	7,43
3	7	0,007	0,0021	20883,4	118,24	11,60
4	11	0,011	0,0032	25673,5	145,36	14,26
5	15	0,015	0,0044	30137,3	170,63	16,74
6	20	0,02	0,0059	36778,4	208,23	20,43
7	26	0,026	0,0076	41067,5	232,51	22,81
8	32	0,032	0,0094	48986,7	277,35	27,21
9	39	0,039	0,0115	53490,0	302,85	29,71
10	44	0,044	0,0129	49713,4	281,46	27,61
11	51	0,051	0,0150	43430,0	245,89	24,12

