PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* BAJA SELING DENGAN *VOLUME FRACTION* 0,4% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR DENGAN TINGGI BETON SERAT 0; 0,25; 0,50; 0,75 DAN 1 PADA BETON MUTU NORMAL

Skripsi

Oleh:

BAGUS BIMANTARA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2016

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN FIBER BAJA SELING DENGAN VOLUME FRACTION 0,4% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR DENGAN TINGGI BETON SERAT 0; 0,25; 0,50; 0,75 DAN 1 PADA BETON MUTU NORMAL

Oleh

BAGUS BIMANTARA

Beton merupakan salah satu bagian penting dalam perkembangan infrastruktur bangunan. Banyak kelebihan yang didapatkan dari penggunaan beton, meskipun demikian terdapat kekurangan yaitu lemah terhadap tarik dan bersifat getas. Kelemahan beton dapat diperbaiki dengan menambah serat kedalam adukan beton secara merata dengan orientasi acak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat baja seling terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur dengan tinggi beton serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 pada beton mutu normal.

Studi ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Benda uji kuat tekan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, benda uji kuat lentur berupa balok dengan panjang 40 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton mutu normal dengan tinggi beton serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 dilakukan setelah 14 dan 28 hari.

Kuat tekan dan kuat lentur maksimal terjadi pada ketinggian beton serat 0,75. Kuat tekan maksimal sebesar 27,3649 MPa, meningkat sebesar 3,5714%. Kuat lentur maksimal sebesar 5,4880 MPa, meningkat sebesar 18,9475%. Penambahan serat baja seling tidak memberikan kontribusi yang besar dalam peningkatan kuat tekan, akan tetapi pada kuat tarik lentur. Serat baja seling pada penelitian ini mempunyai kuat tarik yang tinggi, yaitu 1733,46 MPa sehingga dapat memberikan peningkatan kuat lentur yang signifikan.

Kata kunci : kuat tekan, kuat lentur, beton serat, serat baja seling.

ABSTRACT

EFFECT OF ADDITION OF WIRE ROPE FIBER WITH VRACTION VOLUME 0.4% ON COMPRESSIVE STRENGTH AND FLEXURAL TENSILE STRENGTH WITH THE HEIGHT OF HIGH FIBER-REINFORCED CONCRETE 0; 0.25; 0.50; 0.75 AND 1 ON NORMAL STRENGTH CONCRETE

By

BAGUS BIMANTARA

Concrete is one of the important parts in the development of infrastructure building. Many advantages obtained from the use of concrete, nevertheless there is a shortage which is weak against tensile and ductile. The weakness of concrete can be improved by adding fiber into the concrete mix evenly with random orientation. This study was conducted to determine the effect of addition of wire rope fiber on compressive strength and flexural tensile strength with the height of fiber-reinforced concrete 0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1 on normal strength concrete.

This study used an experimental method which is conducted at the Laboratory of Materials and Construction Faculty of Engineering, University of Lampung. The sample for compressive strength test is a cylinder with a diameter of 15 cm and 30 cm in height, while the sample for flexural tensile strength test is a block with a length of 40 cm, 10 cm in width and 10 cm in height. The testing for the compressive strength and flexural tensile strength of normal concrete with high-quality fiber-reinforced concrete 0; 0.25; 0.50; 0.75 and 1 performed after 14 and 28 days.

Maximum compressive strength and flexural strength occurs at a height of 0,75 fiber-reinforced concrete. The maximum compressive strength is 27.3649 MPa, increased by 3.5714%. The maximum flexural strength is 5.4880 MPa, increased by 18.9475%. The addition of wire rope fiber does not make a major contribution to the increase of compressive strength, but the flexural tensile strength. The wire rope fiber in this study has high tensile strength, i.e. 1733.46 MPa so it can provide a significant increase in the flexural strength.

Keywords : compressive strength, flexural strength, fiber concrete, wire rope fiber

PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* BAJA SELING DENGAN *VOLUME FRACTION* 0,4% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR DENGAN TINGGI BETON SERAT 0; 0,25; 0,50; 0,75 DAN 1 PADA BETON MUTU NORMAL

Oleh

BAGUS BIMANTARA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN *FIBER* BAJA SELING DENGAN *VOLUME FRACTION* 0,4% TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR DENGAN TINGGI BETON SERAT 0; 0,25; 0,50; 0,75 DAN 1 PADA BETON MUTU NORMAL**

Nama Mahasiswa : **BAGUS BIMANTARA**

No. Pokok Mahasiswa : 1215011018

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,

Ir. Eddy Purwanto, M.T.
NIP 19551212 199010 1 001

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

2. Ketua Jurusan

Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Eddy Purwanto, M.T.** .....

Sekretaris : **Ir. Laksmi Irianti, M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Surya Sebayang, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Dr. Suharno, M.Sc.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Agustus 2016

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini bejudul "*Pengaruh Penambahan Fiber Baja Seling Dengan Volume Vraction 0,4% Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Dengan Tinggi Beton Serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 Pada Beton Mutu Normal*" tidak terdapat karya yang pernah diakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2016

Bagus Bimantara

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Sidodadi, kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan pada tanggal 20 September 1994, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Bambang Joko Suseno dan Ibu Parwiningsih.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) ditempuh di SD Negeri 3 Sidodadi, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2000 – 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) ditempuh di SMP Negeri 1 Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2006 – 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMA Negeri 1 Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2009 – 2012.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Jalur seleksi Tertulis. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai sekretaris divisi penelitian. Selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung penulis dan tim pernah mengikuti dan menjadi Finalis Lomba Beton Nasional ICEF 2014 serta pernah mengikuti dan menjadi Finalis Lomba Inovasi Desain Emerged Breakwater Nasional DEDIKASI 2014.

Pada tahun 2014 Penulis melakukan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Hotel Serella Lampung selama 3 bulan, pada Oktober – Januari 2015. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bujung Dewa, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Tulang Bawang Barat selama 60 hari pada periode II, Juli – September 2015.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim
Dengan kerendahan hati dan puji syukur atas kehadirat Allah SWT kupersembahkan skripsiku ini kepada:

Kedua orang tuaku Ibu Parwiningsih dan Bapak Bambang Joko Suseno yang telah mendoakan, mendidik dan mendukung serta memberi dorongan kepadaku untuk mencapai keberhasilan

Kakakku Agniza Puspita Palupi dan Donny Davinci yang turut memberikan dorongan semangat dan motivasi

Keluargaku yang turut mendoakan, memotivasi, serta memberikan dukungan kepadaku untuk mencapai keberhasilan

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang telah mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup yang sudah diberikan.

Untuk semua teman-temanku di sekolah, di kampus, di kosan, di manapun kalian berada. Terima kasih sudah hadir dalam hidupku dan terima kasih telah mengizinkanku hadir dalam hidup kalian.

Untuk teman-teman spesialku, keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2012. Kalian luar biasa. Harus cepat menyusul semuanya biar bisa sukses bareng-bareng biarpun di tempat yang berbeda-beda.

MOTTO HIDUP

"Dan apabila dikatakan, "Berdirilah kamu", maka berdirilah, niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat."

(QS. Al-Mujādalah: 11)

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah : 5)

"Dengan kecerdasan jiwalah manusia menuju arah kesejahteraan."

(Ki HajarDewantara)

"Tuntulah ilmu disaat kamu miskin, ia akan menjadi hartamu. Disaat kamu kaya, ia akan menjadi perhiasanmu."

(Luqman Al-Hakim)

"Jangan tanyakan apa yang negara berikan kepadamu tapi tanyakan apa yang kamu berikan kepada negaramu"

(John F Kennedy)

"Keberhasilan ditentukan oleh 99% perbuatan dan hanya 1% pemikiran"

(Albert Enstein)

"Don't Put off until tomorrow what you can do today"

(Benjamin Franklin)

"Banyak bicara sama dengan banyak masalah"

(Unknown)

SANWACANA

بسم الله الرحمن الرحيم

Assalamu'alaikumWr.Wb.

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul ***"Pengaruh Penambahan Fiber Baja Seling Dengan Volume Fraction 0,4% Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur Dengan Tinggi Beton Serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 Pada Beton Mutu Normal"*** adalah merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Gatot Eko S, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

3. Ir. Eddy Purwanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan kesediaan waktunya untuk memberikan bimbingan, sumbangan pemikiran serta saran dan kritiknya demi kesempurnaan skripsi ini.
4. Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan, motifasi, nasihat, wejangan hidup dan membimbing dalam proses penyusunan skripsi.
5. Ir. Surya Sebayang, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran pemikiran dalam penyempurnaan skripsi serta pengarahan dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
7. Seluruh teknisi dan karyawan di Laboratorium Bahan dan Kontruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama penulis melakukan penelitian.
8. Orang tua terkasih ibu dan bapak, Parwiningsih dan Bambang Joko Suseno yang sangat sabar dan pengertian dalam memberikan dukungan, nasehat dan motivasi dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Kakak tercinta Agniza Puspita Palupi dan Donny Davinci yang turut memberikan semangat dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

10. Keluarga besar yang telah membantu dalam memberikan dukungan materi, motivasi, serta nasehat hidup sampai saat ini.
11. Keluarga Kontrakan seperjuangan M. Wahyuddin, Faizin Mahfudz S., Arya Nugraha, Giwa Wibawa Permana, Yance Yanpiter D.W. dan Philipus yang telah berbagi cerita suka dan duka bersama selama menjalani perkuliahan.
12. Ucapan khusus kepada Lidya Susanti dan Eddy Ristanto, S.T., atas semua bantuan serta dukungan moril yang telah diberikan.
13. Teman-teman seperjuangan kerja praktik Danu Wahyudi, Eddy Ristanto, Mutiara Prestika, Ratna Hidayati dan Sherliana yang telah banyak membantu dalam menjalankan dan menyelesaikan kerja praktik di Hotel Serela Lampung.
14. Teman seperjuangan skripsi Tiffany Marvin, yang turut membantu serta berbagi ilmu dalam penyelesaian skripsi.
15. Serta teman-teman Florince, Selvi, Respa, Rahmat, Susi, Vidya, Laras, Andriansyah, Riskon, Andriyana, Restu, Pras, Tasya, Lexono, group “jujur aja” dan group “apalah-apalah” yang telah banyak membantu, mendukung serta memberikan dorongan motivasi.
16. Saudara-saudara Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2012 yang selama beberapa tahun ini bersama serta berbagi memory, pengalaman dan membuat kesan yang takterlupakan.
17. Semua pihak yang telah membantu tanpa pamrih yang tidak dapat disebutkan secara keseluruhan satu per satu, serta seluruh pejuang Teknik Sipil, semoga kita semua berhasil menggapai impian. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan khususnya bagi penulis pribadi. Selain itu, penulis berharap dan berdoa semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis, mendapatkan ridho dari Allah SWT. Aamiin.

Wassalaamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 16 Agustus 2016

Penulis

Bagus Bimantara

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL iv

DAFTAR GAMBAR vi

I. PENDAHULUAN 1

A. LatarBelakang 1
B. Rumusan Masalah 2
C. Batasan Masalah 2
D. Tujuan Penelitian 3
E. Manfaat Penelitian 3

II. TINJAUAN PUSTAKA 4

A. Beton 4
B. Beton Serat 6
C. Serat 8
D. Bahan Tambah Baja Seling 10
E. Sifat-Sifat Mekanika Beton *Fiber* Baja 11
F. Kuat Tekan Beton 12
G. Kuat Lentur Beton 13
H. Kekuatan Momen Lentur Penampang Persegi Balok Beton Bertulang 16
I. Agregat 21
J. Semen 24
K. Air 25

III. METOLOGI PENELITIAN 26

A. Bahan 26
B. Peralatan 27
C. Pelaksanaan Penelitian 30
D. Analisis Hasil 37

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 39

A. Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Material 39
B. Perencanaan Campuran Beton 46

C. Nilai *Slump* dan *VB-time* 47
D. Berat Volume Beton 49
E. Kuat Tekan Beton 51
F. Kuat Lentur Beton 55
G. Kapasitas Momen Lentur 59

V. PENUTUP 61

A. Simpulan 61
B. Saran 62

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya 4

2. Sifat-sifat dasar jenis fiber yang umumnya digunakan 9

3. Sifat berbagai macam bahan *fiber* 10

4. Gradasi standar agregat halus 22

5. Gradasi standar agregat kasar 23

6. Ukuran saringan pada penelitian gradasi agregat. 28

7. Spesifikasi pengujian material 30

8. Jumlah dan kode benda uji umur 14 hari 31

9. Jumlah dan kode benda uji umur 28 hari 32

10. Hasil pengujian kadar air agregat halus 39

11. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus 40

12. Hasil pengujian gradasi agregat halus..... 41

13. Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus..... 41

14. Hasil pengujian berat volume agregat halus 42

15. Hasil pengujian kadar air agregat kasar 43

16. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 43

17. Hasil pengujian gradasi agregat kasar..... 44

18. Hasil pengujian berat volume agregat kasar 45

19. Hasil pengujian berat jenis semen PCC 45

20. Hasil pengujian waktu pengikatan semen PCC 46

21. Perencanaan campuran beton per 1 m^3 dan serat baja seling..... 46

22. Nilai *slump* dan *V-B time* beton serat 47

23. Berat volume beton untuk benda uji silinder 50

24. Berat volume beton untuk benda uji balok 50

25. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari 52

26. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari 52

27. Hasil pengujian kuat lentur beton umur 14 hari..... 55

28. Hasil pengujian kuat lentur beton umur 28 hari..... 56

29. Kapasitas momen lentur 59

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Perbaikan kuat-tarik beton serat 7

2. Perbaikan susutan beton serat 7

3. kuat-desak dan kuat tarik-lentur beton serat 8

4. Bentuk-bentuk geometri serat baja 11

5. Distribusi reganngan dan tegangan lentur balok beton normal bertulang (SK SNI T-15-1991-03) 16

6. Distribusi reganngan dan tegangan lentur pada balok beton bertulang yang diberi fiber (Suhendro,1991) 17

7. Distribusi reganngan dan tegangan lentur pada balok beton bertulang yang diberi fiber (Hanager & Doherty, 1976) 19

8. Distribusi reganngan dan tegangan lentur pada balok beton bertulang yang diberi fiber (Swamy & Al-Ta'an, 1981) 20

9. Variasi ketinggian beton serat 31

10. *Setting up* uji kuat tekan 36

11. *Setting up* uji lentur 37

12. Diagram alir pelaksanaan penelitian 38

13. Grafik hasil pengujian gradasi agregat halus 41

14. Grafik hasil pengujian gradasi agregat kasar 44

15. Grafik hubungan antara nilai *slump* dan *volume fraction* 48

16. Grafik hubungan antara nilai VB-time dan *volume fraction* 49

17. Grafik perbandingan kuat tekan beton serat dengan ketinggian beton serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 pada umur 14 dan 28 hari 52

18. Grafik perbandingan kuat lentur beton serat dengan ketinggian beton serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 pada umur 14 dan 28 hari 56

DAFTAR NOTASI

A = Luas penampang silinder

A_s = Luas baja tulangan (mm^2)

b = lebar rata-rata benda uji

c = Jarak garis netral keserat terluar bagian desak

C_c = Resultan gaya desak dari beton fiber

C_s = Resultan gaya desak dari baja desak

d = tinggi efektif balok

f'_c = kuat tekan beton

f'_{cf} = kuat desak beton fiber

f'_{sp} = Kuat tarik beton tanpa fiber

f_{tf} = Kuat tarik beton fiber (MPa)

h = Tinggi total balok

l = bentang balok

M_{no} = Kekuatan momen lentur murni

P = Beban tekan maksimum

T_s = Resultan gaya tarik dari baja tarik

T_{cf} = Resultan gaya tarik dari beton fiber

V_f = Volume fraksi fiber

σ_l = modulus keruntuhan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bagian penting dalam perkembangan infrastruktur bangunan. Banyak kelebihan yang didapatkan dari penggunaan beton dibandingkan dengan material lain, seperti pembuatan yang mudah, harga yang cenderung lebih murah dan kemampuan kuat tekan yang relatif tinggi. Meskipun demikian juga terdapat kekurangannya, yaitu kuat tariknya rendah dan bersifat getas, dimana pada balok beton bagian atas mengalami tekan dan bagian bawah mengalami tarik, hal ini menjadikan beton sangat terbatas pada pemakaiannya.

Dalam perkembangan teknologi beton saat ini, beberapa peneliti di negara-negara maju telah melakukan berbagai usaha untuk memperbaiki sifat-sifat beton serta mengurangi sifat kurang baik beton tersebut dengan cara menambahkan serat kedalam adukan beton secara merata dengan orientasi acak yang dikenal sebagai beton serat (*fiber reinforced concrete*). Ada empat kategori umum jenis serat yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat beton yang telah dilaporkan oleh ACI Committe 544 (2002). Bahan tersebut adalah baja (*steel*), kaca (*glass*), serat sintetis (*synthetic*) dan alami (*natural*).

Dalam beberapa penelitian yang telah dilakukan, dengan kualitas penyusun beton yang sama, beton serat dapat memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton seperti getas dan lemah terhadap tarik. Sehingga secara keseluruhan kemampuan menahan beban menjadi lebih baik dibandingkan beton biasa.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan dalam latar belakang maka dapat dirumuskan sebuah permasalahan, yaitu bagaimana pengaruh penambahan fiber baja seling terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur dengan tinggi beton serat 0, 0,25, 0,50, 0,75 dan 1 pada beton mutu normal?

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, digunakan batasan-batasan masalah agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih spesifik dan tidak meluas dari topik yang akan dibahas. Batasan-batasan masalah tersebut antara lain:

1. Menggunakan 1 jenis serat baja seling dengan dimeter 0,8 mm.
2. Aspek rasio (l/d) yang digunakan adalah 31,25 dengan panjang 25 mm.
3. Serat baja sebagai bahan tambah dihitung diluar *mix design* adukan beton.
4. Variasi ketinggian campuran serat baja seling adalah 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1.
5. *Volume fraction* yang digunakan adalah 0,4% dari volume adukan beton.
6. Mutu beton yang direncanakan adalah beton mutu normal.
7. Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari
8. Penelitian ini hanya meninjau kuat tekan dan kuat tarik lentur beton.

9. *Mix design* menggunakan metode ACI**.**

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan fiber baja seling terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur dengan tinggi beton serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1 pada beton mutu normal.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan teknologi beton serat.
2. Menambah pengetahuan tentang kelebihan dan kekurangan penggunaan serat baja seling.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton

Berdasarkan SNI 2847:2013 beton (*concrete*) merupakan campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Beton mempunyai sifat getas (*brittle*) sehingga mempunyai kuat tekan yang tinggi tetapi kuat tarik rendah. Berdasarkan kuat tekannya, beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis.

Tabel 1. Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

Jenis beton	Kuat tekan
Beton sederhana	sampai 10 MPa
Beton normal	15 - 30 MPa
Beton pra tegang	30 - 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 - 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80 MPa

Sumber : Tjokrodimuljo, 2012

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat adukan beton maupun sifat-sifat beton setelah mengeras perlu diketahui. Sifat-sifat tersebut antara lain (Sebayang, Surya : 2000) :

a. *Durability* (Keawetan)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam hal ini perlu pembatasan nilai faktor air semen maksimum maupun pembatasan dosis semen minimum yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan.

b. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinder beton diameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan MPa (N/mm^2). Benda uji silinder juga digunakan pada standar ACI sedangkan British Standar benda uji yang digunakan adalah kubus dengan sisi ukuran 150 mm. Benda uji dengan ukuran berbeda dapat juga dipakai namun perlu dikoreksi terhadap *size efek*.

c. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10 – 15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

d. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya ditentukan pada 25 – 50% dari kuat tekan beton.

e. Rangkak (*Creep*)

Merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

f. Susut (*Shrinkage*)

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

g. Kelecakan (*Workability*)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau *workability* adalah besarnya kemudahan kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh.

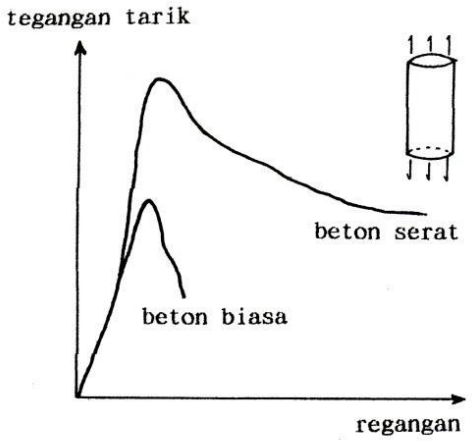
B. Beton Serat

Menurut ACI Committee 544 (2002) *fiber reinforced concrete* adalah beton yang dibuat dengan bahan utama semen hidrolik, agregat dan potongan-potongan serat penguat. Ide dasar penambahan fiber kedalam adukan beton adalah menulangi secara acak, sehingga dapat mencegah terjadinya retak-retak beton di daerah tarik yang terlalu dini akibat pembebanan (Soroushian & Bayasi, 1987).

Setiap jenis fiber mempunyai kelebihan dan kekurangan, masing-masing tergantung dari tujuan pemakaiannya. Perbaikan yang dialami beton dengan adanya penambahan fiber antara lain yaitu :

1. Kuat tarik meningkat

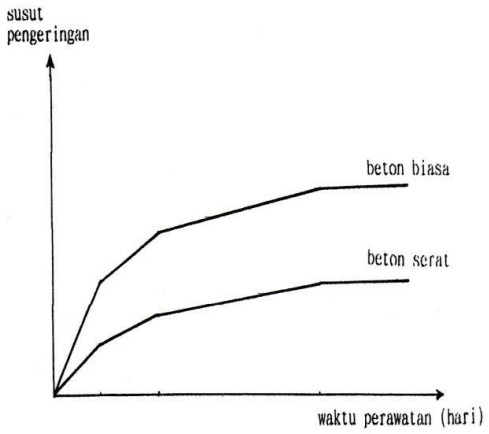
   Beton mempunyai kelemahan dalam hal kuat tariknya yang rendah, namun dengan penambahan serat terbukti mampu meningkatkan kuat tariknya.



Gambar 1. Perbaikan kuat-tarik beton serat (Soroushian & Bayasi, 1987)

2. Penyusutan berkurang

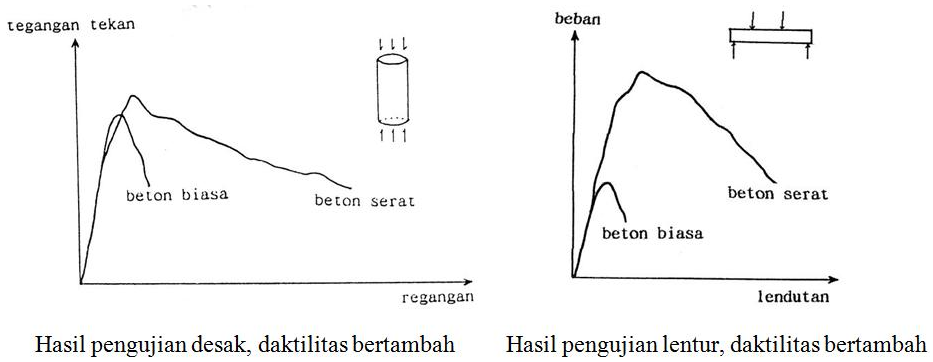
   Dengan adanya serat, penyusutan beton akan berkurang.



Gambar 2. Perbaikan susutan beton serat (Soroushian & Bayasi, 1987)

3. Daktilitas meningkat

   Serat memperbaiki sifat getas beton karena mencegah retak terlalu dini, yang artinya meningkatkan kemampuan komposit menyerap energi sehingga akan bersifat lebih liat (*ductile*). Pada struktur tahan gempa peningkatan daktilitas ini sangat berarti.



Gambar 3. Perbaikan kuat-desak dan kuat tarik-lentur beton serat (Soroushian & Bayasi, 1987)

4. Ketahanan terhadap beban kejut meningkat

   Adanya serat dalam beton memberikan hasil yang menguntungkan pada pembebanan kejut (*impact loading*) dan penyerapan goncangan.

5. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*) meningkat

   Penambahan volume fraksi serat akan meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*) dan mengurangi lebar retak dan lendutan yang diakibatkan oleh pembebanan.

C. Serat

Bermacam-macam serat direkomendasikan sebagai perkuatan beton, ACI Comitte 544 mengklasifikasikan tipe serat secara umum menjadi empat yaitu :

1. SFRC (*Steel Fiber Reinforced Concrete*)
2. GFRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*)
3. SNFRC (*Synthetic Fiber Reinforced Concrete*)
4. NFRC (*Natural Fiber Reinforced Concrete*)

Serat kaca memiliki kuat tarik yang relatif tinggi, kepadatan rendah dan modulus elastisitas tinggi. Kelemahan serat kaca adalah mudah rusak akibat

alkali yang terkandung dalam semen dan mempunyai harga beli yang lebih tinggi bila dibandingkan serat lainnya (Soroushian & Bayasi, 1987).

Serat polimer telah diproduksi sebagai hasil dari penelitian dan pengembangan industri petrokimia dan tekstil. Serat polimer termasuk *aramid, acrylic, nylon dan polypropylene* mempunyai kekuatan tarik yang tinggi tetapi modulus elastisitas rendah, daya lekat dengan matrik semen yang rendah, mudah terbakar dan titik lelehnya rendah.

Serat karbon sebenarnya sangat potensial untuk memenuhi kebutuhan tarik yang tinggi dan kuat lentur yang tinggi. Serat karbon memiliki berat yang sangat ringan. Namun penyebaran serat karbon dalam matrik semen lebih sulit dibandingkan dengan serat lainnya.

Konsep penggunaan serat baja pada adukan beton belum banyak dikenal di Indonesia. Salah satu penyebabnya adalah tidak tersedianya serat baja di dalam negeri.

Tabel 2. Sifat-sifat dasar jenis fiber yang umumnya digunakan

Serat	Berat Jenis	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Young (MPa)	*Volume Fraction*	Diameter (mm)	Panjamg (mm)
Baja	7,86	689,5 – 2068,4	206842,8	0,75 - 3,0	0,0127 - 1,016	12,7 – 38,1
Gelas	2,70	Sampai 1241,8	75842,3	2 – 8	0,1016 - 0,762	12,7 – 38,1
Plastik	0,91	Sampai 689,5	965,3 – 8273,7	1 – 3	Sampai 2,54	12,7 – 38,1
Karbon	1,60	Sampai 689,5	Sampai 49642,3	1 – 5	0,0102 - 0,0203	0,508 – 12,7

Sumber: Soroushian & Bayasi, 1987

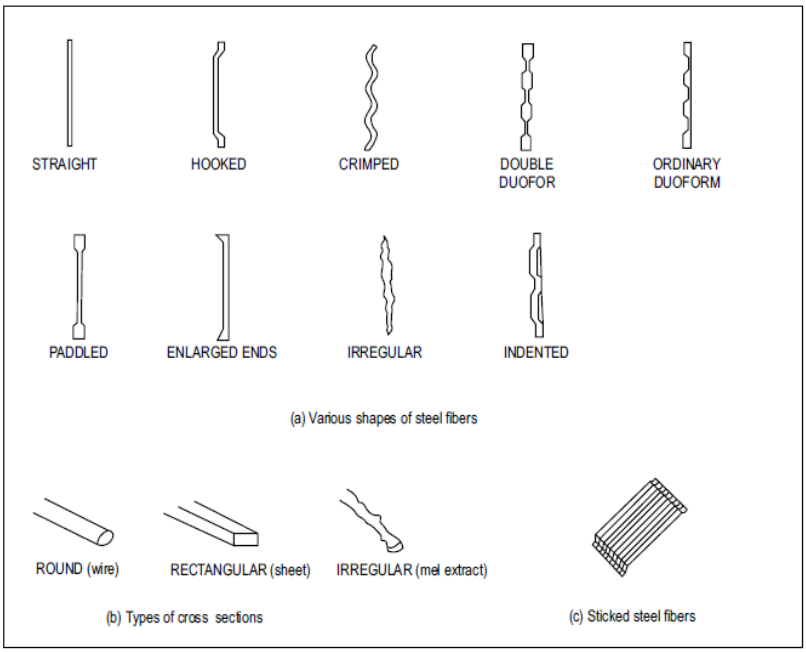
D. Bahan Tambah Baja Seling

Serat baja sangat menonjol dalam hal kuat tarik, modulus elastis, juga berat jenisnya dibanding serat-serat lainnya. Keuntungan ini didukung oleh permukaan serat yang dapat dibentuk ataupun diberi kait pada ujung-ujungnya, sehingga akan menambah ikatan antara serat baja dan matriks betonnya. Dari segi harga, serat baja tidak kalah bersaing dengan lainnya. Namun demikian serat baja memiliki satu kelemahan dalam hal ketahanan terhadap karat. Sifat adhesi yang tinggi dari serat baja akan mengakibatkan terjadinya *balling effect*, yaitu serat tidak tersebar secara merata pada saat dicampur tetapi menggumpal menjadi bola-bola fiber, sehingga diperlukan usaha tambahan untuk mengatasi *balling effect* tersebut. *Fiber* baja dapat berbentuk penampang bundar, segi empat panjang dan yang tak teratur. Bentuk geometri *fiber* yang beraneka ragam (*hooked*, *crimped*, *duoform*, *paddled* dan *enlarged ends*) akan meningkatkan *pull-out resistance* dibanding *fiber* bergeometri lurus. Dalam hal ini serat yang dipilih/digunakan adalah serat baja seling.

Tabel 3. Sifat berbagai macam bahan *fiber*

No.	Jenis Kawat	Kuat Tarik (N/mm^2)	Perpanjangan saat putus (%)	Berat Jenis
1	*Acrylic*	204 - 408	25 - 45	1,1
2	Asbes (*Asbestos*)	544 - 952	0,6	3,2
3	Kaca (*Glass*)	1020 - 3740	1,5 - 3,5	2,5
4	*Nylon*	748 - 816	16 - 20	1,1
5	Baja (*Steel*)	272 - 2720	0,5 - 35	7,8

Sumber: ACI Committee 544, 1984 dalam Mulyono 2003



Gambar 4. Bentuk-bentuk geometri serat baja

E. Sifat-Sifat Mekanika Beton *Fiber* Baja

Penambahan *fiber* dengan distribusi secara random dalam adukan beton dapat menahan perambatan dan pelebaran retak-retak pada beton. Sifat-sifat mekanika beton fiber baja dipengaruhi oleh jenis fiber, fiber aspect ratio, fiber volume fraction, kekuatan beton, geometri dan pembuatan benda uji serta ukuran agregat. Kelecakan tidak hanya dapat diukur dengan menggunakan *slump test* saja, ini yang membedakan dengan pengukuran kelecakan pada beton konvensional. Prosedur pemakaian *inverted slump cone test* dan *VB-test* dapat untuk menentukan kelecakan beton *fiber* menurut *ACI Commitee* 544-84 besarnya antara 5 s/d 25 detik. *Slump test* hanya digunakan untuk mengontrol konsistensi beton fiber dan umumnya *slump* beton *fiber* berkisar antara 25 s/d 100 mm.

Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa *fiber* dengan *aspect ratio* lebih dari seratus biasanya menyebabkan tidak cukup kelecakannya, tidak seragamnya distribusi *fiber* atau kedua-duanya bila digunakan teknik pencampuran konvensional. Penambahan *fiber* akan menurunkan kelecakan adukan beton, dengan memodifikasi-modifikasi tertentu dapat dibuat rencana campuran untuk mengatasi problem ini. Penggunaan *superplasticizer* atau kemungkinan penambahan abu terbang adalah suatu pendekatan populer untuk memperbaiki kelecakan adukan beton serat dan dapat mengatasi masalah *fiber dispersion* (serat tersebar merata dengan orientasi random) dalam adukan beton (ACI Commitee 544, 1984).

F. Kuat Tekan Beton

Berdasarkan standar ASTM C 39, uji tekan beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan beton dihitung dengan rumus:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad \text{.....(1)}$$

Keterangan:

f'_c = kuat tekan beton/beton fiber (MPa)
P = Beban tekan maksimum (N)
A = Luas penampang silinder = ¼ πD^2 (mm^2)

Wafa dan Hasnat (1992) mengusulkan persamaan untuk memprediksi kuat tekan beton *fiber* sebagai berikut:

$$f'_{cf} = f'_c + 2{,}23\, V_f \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan:

f'_{cf} = Kuat tekan beton fiber (MPa)
f'_c = Kuat tekan beton tanpa fiber (MPa)
V_f = Volume fraksi fiber (%)

G. Kuat Lentur Beton

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah (SNI 4431:2011). Apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yanng mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi di bagian atas dan regangan tarik di bagian bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di atas dan tegangan tarik di bagian bawah. Secara umum tegangan lentur dirumuskan sebagai berikut:

$$f_r = \frac{M\,y}{I} \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan:

f_r = Tegangan lentur (N/mm^2)
M = Momen yang bekerja pada balok (Nmm)
y = Jarak serat terluar terhadap garis netral, baik di daerah tekan maupun tarik (mm)
I = Momen inersia penampang balok terhadap garis netral (mm^4)

Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan.

Nilai modulus keruntuhan dapat diperoleh dari rumus yang diberikan ASTM C 78 sebagai berikut:

1. Bila retak terjadi di 1/3 bentang bagian tengah, modulus keruntuhan dapat dilihat dengan rumus

$$\sigma_l = \frac{P\ l}{b\ d^2} \quad \text{.....(4)}$$

2. Bila retak terjadi di luar 1/3 bentang tengah, modulus keruntuhan dihitung dengan rumus:

$$\sigma_l = \frac{3\ P\ a}{b\ d^2} \quad \text{.....(5)}$$

Keterangan:

σ_l = modulus keruntuhan/kuat lentur batas (N/mm^2)
P = beban maksimum (N)
l = bentang balok (mm)
b = lebar rata-rata benda uji (mm)
d = tinggi rata-rata benda uji (mm)
a = jarak rata-rata antara garis retak dan tumpuan terdekat pada permukaan tarik balok (mm)

Ada beberapa usulan persamaan/formula yang telah dikembangkan untuk memprediksi kuat tarik/lentur ultimit beton fiber baja.

1. Usulan Swamy et al. (1974)

Persamaan ini dikembangkan berdasarkan teori derivatip dengan koefisien-koefisien diperoleh dari analisis regresi data percobaan.

Untuk kuat retak pertama

$$\sigma_{cf} = 0{,}843\ \sigma_m\ \left(1 - V_f\right) + 2{,}93\ V_f\ l_f / d_f \quad \text{.....(6)}$$

Untuk kuat tarik/lentur ultimit

$$\sigma_{uf} = 0{,}97\ \sigma_m\ \left(1 - V_f\right) + 3{,}41\ V_f\ l_f / d_f \quad \text{.....(7)}$$

Keterangan:

σ_{cf} = Kuat retak pertama beton fiber (MPa)
σ_{uf} = Kuat tarik/lentur ultimit beton fiber (MPa)
σ_m = Kuat tarik beton (MPa)
V_f = *Fiber volume fraction* (%)
L_f/d_f = *Fiber aspect ratio*

2. Usulan Narayanan & Darwish (1988)

Persamaan ini didasarkan pada analisis regresi data percobaan, diusulkan untuk model kuat tarik belah silinder beton fiber yang diberikan sebagai berikut:

$$f_{pf} = \frac{f_{cuf}}{A} + B + C\sqrt{F} \quad \text{.....(8)}$$

Keteranagan:

f_{spf} = Kuat tarik belah silinder beton fiber (MPa)
f_{cuf} = Kuat tekan kubus beton fiber (MPa)
A = Tetapan non dimendi yang bernilai (20 - $\sqrt{F}$)
B = Tetapan yang bernilai 0,7 MPa
C = Tetapan yang bernilai 1,0 MPa
F = Fiber factor, yang diberikan dalam persamaan:

$$F = (l_f/d_f)\, V_f \beta \quad \text{.....(9)}$$

Keterangan:

l_f/d_f = *Fiber aspect ratio*
V_f = *Fiber volume fraction* (%)
β = Faktor lekatan fiber-beton, ditetapkan nilai relatif 0,5 untuk fiber berpenampang bundar, 0,75 untuk *fiber crimped* atau *hooked* dan 1,0 untuk *fiber indented.*

3. Usulan Wafa dan Ashour (1992)

Persamaan untuk memprediksi kuat tarik beton fiber mutu tinggi berdasarkan kuat tarik beton tanpa fiber mutu tinggi. Persamaan tersebut adalah:

$$f_{spf} = f_{sp} + 3{,}02\, V_f \quad \text{.....(10)}$$

Keterangan:

f_{spf} = Kuat tarik beton fiber (MPa)
f_{sp} = Kuat tarik beton tanpa fiber (MPa)
= $0{,}58\sqrt{f'_c}$
dengan f'_c = kuat tekan beton tanpa fiber (MPa)
Vf = Volume fraksi fiber (%)

4. Usulan Wafa, Hasnat dan Tarabolsi (1992)

Persamaan ini didasarkan atas hasil percobaan. Persamaan tersebut adalah:

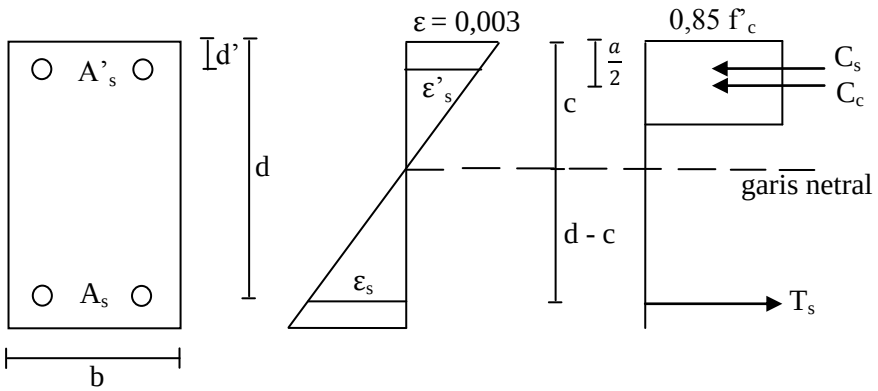
$$f'_{spf} = f'_{sp} + 1{,}8\, V_f \quad \text{.....(11)}$$

Keterangan:

f'_{spf} = Kuat tarik beton fiber (MPa)
f'_{sp} = Kuat tarik beton tanpa fiber (MPa) = $0{,}51\sqrt{f'_c}$
dengan f'_c = kuat tekan beton tanpa fiber (MPa)
V_f = Volume fraksi fiber (%)

H. Kekuatan Momen Lentur Penampang Persegi Balok Beton Bertulang

1. Kekuatan Momen Lentur Beton Normal



Gambar 5. Distribusi regangan dan tegangan lentur balok beton normal bertulang (SK SNI T-15-1991-03)

Gaya-gaya dalam adalah

$$C = 0{,}85 f'_c\, a\, b \quad \text{.....(12)}$$

$$T = A_s\, f_y \quad \text{.....(13)}$$

Keseimbangan, C = T, sehingga

$$a = \frac{A_s\, f_y}{0{,}85 f'_c\, b} \quad \text{.....(14)}$$

Letak garis netral adalah

$$c = \frac{a}{\beta} \quad \text{.....(14)}$$

Regangan baja tarik pada saat dicapainya regangan beton sebesar ε_{cu}

= 0,003

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c}\,(0{,}003) \quad \text{.....(15)}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \quad \text{.....(16)}$$

Kekuatan lentur nominal adalah

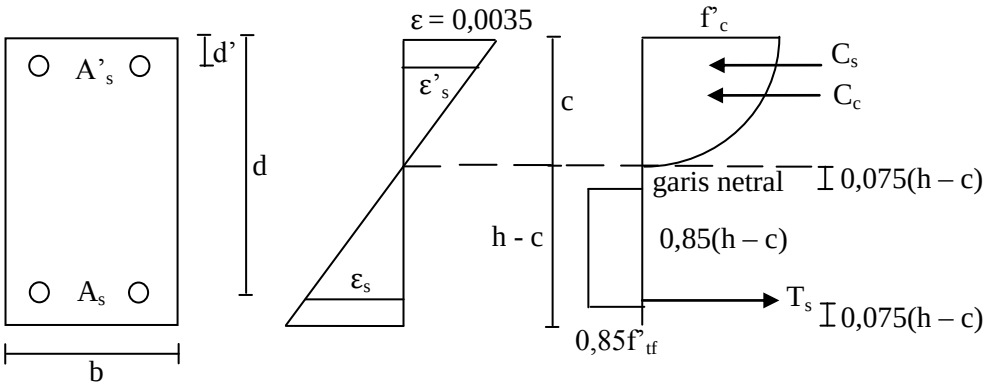
$$M_n = C\,(d - 0{,}5\,a) \quad \text{.....(17)}$$

atau

$$M_n = T\,(d - 0{,}5\,a) \quad \text{.....(18)}$$

2. Kekuatan Momen lentur Balok Beton Bertulang yang Diberi Fiber

   a. Usulan Suhendro (1991)



Gambar 6. Distribusi regangan dan tegangan lentur pada balok beton bertulang yang diberi fiber (Suhendro, 1991)

Gaya-gaya dalam adalah

$$C_c = 0{,}67 f'_{cf}\ c\ b \quad \text{.....(19)}$$

$$C_s = A'_s\ f_y \quad \text{.....(20)}$$

$$T_{cf} = 0{,}85 f_{tf}\ 0{,}85\ (h - c)\ b \quad \text{.....(21)}$$

$$T_s = A_s\ f_y \quad \text{.....(13)}$$

Keseimbangan gaya

Kondisi 1

$$C_c = T_{cf} \quad \text{.....(22)}$$

Kondisi 2

$$C_s = T_s \quad \text{.....(23)}$$

Kontrol regangan baja

Regangan baja desak

$$\varepsilon'_s = \frac{c - d'}{c}\ 0{,}0035 \quad \text{.....(24)}$$

Regangan baja tarik

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c}\ 0{,}0035 \quad \text{.....(25)}$$

Kekuatan momen lentur nominal

$$M_{no} = T_s\ (d - c) + T_{cf}\ \frac{h - c}{2} + C_c\ \frac{5}{8} c + C_s (c - d) \quad \text{.....(26)}$$

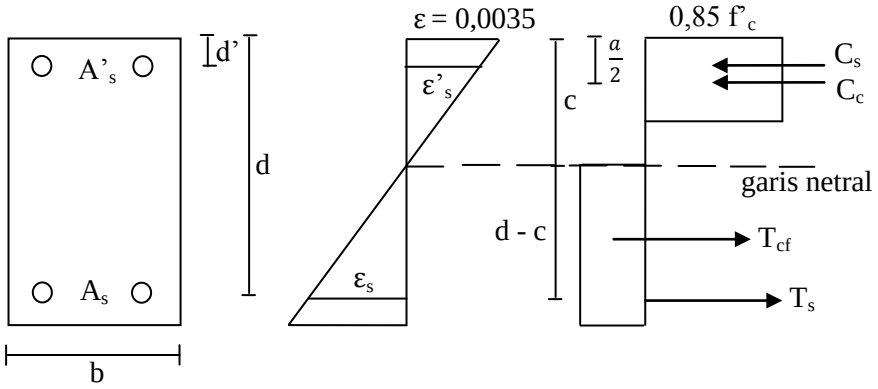
Keterangan:

M_{no} = Kekuatan momen lentur murni (Nmm)
T_s = Resultan gaya tarik dari baja tarik (N)
d = tinggi efektif balok (mm)
c = Jarak garis netral keserat terluar bagian desak (mm)
T_{cf} = Resultan gaya tarik dari beton fiber (N)
h = Tinggi total balok (mm)
C_c = Resultan gaya desak dari beton fiber (N)
C_s = Resultan gaya desak dari baja desak (N)
A_s = Luas baja tulangan (mm^2)
f'_{cf} = kuat desak beton fiber (MPa)

f_{tf} = Kuat tarik beton fiber (MPa)

b. Usulan Henager dan Doherty (1976)

Distribusi regangan dianggap linier, dengan regangan maksimum di serat tertekan diambil sebesar 0,003. Pada bagian desak dipakai penyederhanaan diagram berbentuk empat persegi panjang ekivalen.



Gambar 7. Distribusi regangan dan tegangan lentur pada balok beton bertulang yang diberi fiber (Hanager & Doherty, 1976)

Gaya-gaya dalam adalah

$$C_c = 0{,}85 f'_{cf}\ \beta\ c\ b \quad \text{.....(27)}$$

$$C_s = A'_s\ f_y \quad \text{.....(20)}$$

$$T_{cf} = f_{tf}\ (h - c)\ b \quad \text{.....(28)}$$

$$T_s = A_s\ f_y \quad \text{.....(13)}$$

Keseimbangan gaya

Kondisi 1

$$C_c = T_{cf} \quad \text{.....(22)}$$

Kondisi 2

$$C_s = T_s \quad \text{.....(23)}$$

Kontrol regangan baja

Regangan baja desak

$$\varepsilon'_s = \frac{c-d'}{c}\ 0{,}0035 \quad \text{.....(24)}$$

Regangan baja tarik

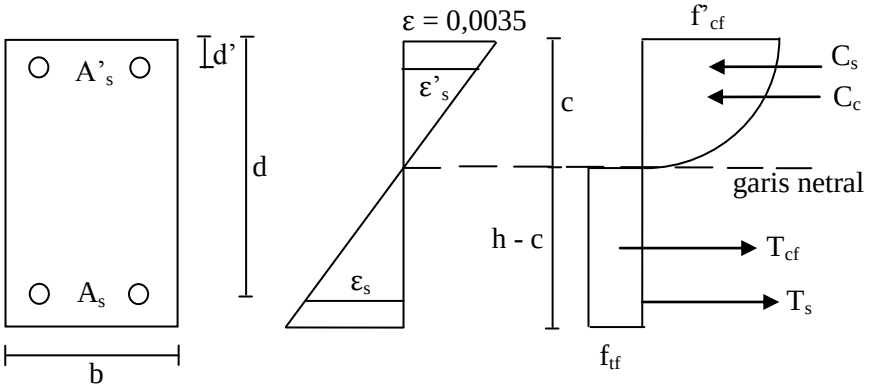
$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c}\ 0{,}0035 \quad \text{.....(25)}$$

Kekuatan momen lentur nominal

$$M_{no} = T_s\ (d-c) + T_{cf}\ \frac{h-c}{2} + C_c\ (c - \frac{a}{2}) + C_s(c-d) \quad \text{.....(29)}$$

Notasi yang dipakai sama persis dengan yang telah diuraikan sebelumnya

c. Usulan Swamy dan Al-Ta'an (1981)



Gambar 8. Distribusi regangan dan tegangan lentur pada balok beton bertulang yang diberi fiber (Swamy & Al-Ta'an, 1981)

Gaya-gaya dalam adalah

$$C_c = 0{,}67 f'_{cf}\ c\ b \quad \text{.....(19)}$$

$$C_s = A'_s\ f_y \quad \text{.....(20)}$$

$$T_{cf} = f_{tf}\ (h-c)\ b \quad \text{.....(28)}$$

$$T_s = A_s\ f_y \quad \text{.....(13)}$$

Keseimbangan gaya

Kondisi 1

$$C_c = T_{cf} \quad \text{.....(22)}$$

Kondisi 2

$$C_s = T_s \quad \text{.....(23)}$$

Kontrol regangan baja

Regangan baja desak

$$\varepsilon'_s = \frac{c-d'}{c}\ 0{,}0035 \quad \text{.....(24)}$$

Regangan baja tarik

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c}\ 0{,}0035 \quad \text{.....(25)}$$

Kekuatan momen lentur nominal

$$M_{no} = T_s\ (d-c) + T_{cf}\ \frac{h-c}{2} + C_c\ (0{,}625\ c) + C_s\ (c-d') \quad \text{.....(29)}$$

Notasi yang dipakai sama persis dengan yang telah diuraikan sebelumnya.

I. Agregat

Berdasarkan SNI 2847:2013 agregat (aggregate) merupakan bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan slag tanur (*blast-furnace slag*), yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% - 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada

diantara agregat yang berukuran besar. Sifat yang terpenting dari agregat adalah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang mempunyai pengaruh terhadap ikatan dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan pada musim dingin dan ketahanan terhadap penyusutan.

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat Halus

   Agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir maksimum 5 mm. Agregat halus memiliki fungsi mengisi pori-pori yang ada di antara agregat kasar, sehingga diharapkan dapat meminimalkan kandungan udara dalam beton yang dapat menurunkan kekuatan beton.

   Tabel 4. Gradasi standar agregat halus ASTM-C33-97

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos
9,5	100
4,75	95 – 100
2,36	80 – 100
1,18	50 – 85
0,6	25 – 60
0,3	10 – 30
0,15	2 – 10
Pan	

   Sumber: *Concrete Technology, AM Nevile & J.J. Brooks*

Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan No. 200, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian. Ukuran agregat sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Semakin besar agregat yang digunakan, semakin berkurang kekuatan beton hal ini disebabkan ruang antar agregat yang dihasilkan juga semakin besar sehingga kemungkinan adanya rongga udara akan semakin tinggi dan menyebabkan kuat tekan yang kecil.

Tabel 5. Gradasi standar agregat kasar ASTM-C33-84

Lubang ayakan (mm)	Persentase berat butir lolos			
	Ukuran maksimum agregat			
	2 in.	1 ½ in.	1 in.	¾ in.
No.2 (50,0)	95 – 100	100	-	-
No.1 ½ (37,5)	-	95 – 100	100	-
No.1 (25,0)	25 – 70	-	95 – 100	100
No. ¾ (19,0)	-	35 – 70	-	90 – 100
No. ½ (12,5)	10 – 30	-	25 – 60	-
No. 3/8 (9,5)	-	10 – 30	-	20 – 25
No.4 (4,75)	0 – 5	0 – 5	10 – 30	0 – 10
No.8 (2,36)	0	0	0 – 5	0 – 5

Sumber: *Concrete Technology, AM Nevile & J.J. Brooks*

J. Semen

Semen portland merupakan bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembuatan beton. Berdasarkan SNI 2049:2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Semen berfungsi sebagai bahan perekat untuk menyatukan bahan agregat kasar dan agrregat halus menjadi satu massa yang kompak dan padat dengan proses hidrasi. Semen akan berfungsi sebagai perekat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen Portland dibagi menjadi 5 (lima) tipe, yaitu :

1. Tipe I, semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen dan bila ditambah dengan agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

K. Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Untuk bereaksi dengan semen portland, air yang diperlukan hanya sekitar 25% - 30% dari berat semen. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Air harus bersih.
2. Kandungan lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 15 gram/liter.
4. Tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gram/liter.

Kualitas beton akan berkurang jika air mengandung kotoran. Lumpur yang terdapat di dalam air diatas 2 gram/liter dapat mengurangi kekuatan beton. Air yang berlumpur terlalu banyak dapat diendapkan dulu sebelum dipakai, dalam kolam pengendap (Tjokrodimuljo, 2012).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen

   Semen merupakan bahan pembentuk beton yang berfungsi sebagai pengikat butiran agregat dan mengisi ruang antar agregat sehingga terbentuk massa yang padat. Penelitian ini menggunakan semen PCC (*Portland Composite Cement*), dengan merek dagang Padang yang didapat dari toko dalam keadaan baik, tertutup rapat dalam kemasan (zak) 50 kg.

2. Agregat Halus

   Agregat halus terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan terhadap kadar air, berat jenis dan penyerapan, analisa saringan, kadar lumpur dan uji kandungan zat organik (memenuhi standar ASTM C 33). Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang berasal dari Gunung Sugih, Lampung Tengah.

3. Agregat Kasar

   Agregat kasar yang dipakai berasal dari Tanjungan, Lampung Selatan, dengan ukuran maksimum sebeAsar 20 mm. Dari pengamatan tampak bahwa permukaannya kasar, bersudut tajam. Batu pecah ini juga dicuci untuk diteliti gradasi dan berat jenis di laboratorium.

4. Air

   Air yang digunakan adalah air bersih yang tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda merusak lainnya yang dapat dilihat secara visual serta tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton. Air yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

5. Serat

   Serat yang digunakan yaitu serat baja seling memiliki diameter 0,8 mm yang dipotong-potong sepanjang 25 mm. Volume fiber (V_f) diambil sekitar 0,4% terhadap volume beton.

B. Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Cetakan

   Cetakan benda uji yang digunakan ada dua jenis. Cetakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 30 mm digunakan pada pengujian kuat tekan. Cetakan berbentuk balok dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm digunakan pada pengujian kuat lentur beton.

2. Satu set saringan

   Alat ini berguna untuk mengetahui gradasi agregat dan untuk meentukan modulus kehalusan butir agregat kasar/agregat halus. Penelitian ini menggunakan agregat kasar lolos saringan diameter 19 mm dan tertahan pada saringan No. 4 (± 4,75 mm).

Tabel 6. Ukuran saringan pada penelitian gradasi agregat.

Jenis Agregat	Ukuran Saringan (mm)						
Agregat Halus	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,15	Pan
Agregat Kasar	37,50	25,40	19,00	12,50	4,75	2,36	Pan

3. Timbangan

   Timbangan digunakan untuk menimbang bahan-bahan dasar pembentuk beton. Timbangan yang digunakan yaitu timbangan digital merk Nagata dengan kapasitas 30 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan merk Laju buatan Indonesia yang berkapasitas 150 kg dengan ketelitian 1 gram.

4. Mesin Pengaduk Beton (*Concrete Mixer*)

   Mesin ini berkapasitas 0,125 m^3 dengan kecepatan 20 – 30 rpm. Alat ini digunakan untuk mencampur beton.

5. Kerucut Abrams

   Kerucut Abrams digunakan beserta tilam plat baja dan tongkat besi untuk mengetahui kelecakan adukan (*workability*) dalam percobaan *slump test*. Ukuran kerucut Abrams adalah diameter bawah 200 mm dan diameter bagian atas 100 mm dengan tinggi 300 mm dengan tongkat pemadat berpenampang bulat berdiameter 16 mm sepanjang 600 mm yang terbuat dari baja.

6. Mesin penggetar Internal (*Vibrator*)

   Digunakan sebagai pemadat beton segar yang berupa tongkat. Alat ini digetarkan dengan mesin dan dimasukkan ke dalam beton segar yang baru saja dituang.

7. *VB-test Apparatus*

   VB-test Apparatus digunakan untuk mengukur kelecakan pada beton serat. Alat ini terdiri dari kerucut Abrams yang diletakkan didalam kotainer silinder dari bahan baja (tebal 6 mm, diameter 240 mm dan tinggi 200 mm) dan ditempatkan diatas meja getar dengan frekuensi getar tertentu.

8. *Compressing Testing Machine* (CTM)

   CTM merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kuat tekan beton silinder (d = 150 mm dan t = 300 mm).

9. *Hydraulick Jack*

   Alat yang digunakan pada penelitian ini berkapasitas 100 ton yang merupakan alat bantu untuk melakukan pengujian lentur beton.

10. Proving Ring

    Alat yang digunakan untuk pembacaan beban dari *Hydraulick Jack.*

11. *Dial Gauge*

    Dial Gauge yang digunakan berkapasitas 30 mm dengan ketelitian pembacaan sampai 0,01 mm. Alat tersebut digunakan untuk mengukur lendutan terjadi pada titik bagian bawah di tengah bentang balok saat pengujian lentur.

12. Alat Bantu

    Selama proses pembuatan benda uji digunakan beberapa alat bantu diantaranya adalah gelas ukur, alat pemotong serat, sendok semen, *stop watch*, mistar dan *container*.

C. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Kontruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung. Penelitian ini dibagi menjadi enam tahap yaitu : Pemeriksaan bahan campuran beton, pembuatan rencana campuran (*mix design*), pembuatan benda uji, pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*), pelaksanaan pengujian dan analisis hasil penelitian.

1. Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

   Sebelum melakukan *mix design*, material harus diperiksa terlebih dahulu untuk mengetahui kualitas material tersebut memenuhi standar yang ditetapkan.

   Tabel 7. Spesifikasi pengujian material

No	Pengujian	Spesifikasi	Keterangan
1	Kadar air agregat halus	0 – 1,0 %	ASTM C-556
2	Kadar air agregat kasar	0 – 3,0 %	ASTM C-556
3	Berat jenis SSD agregat halus	2 – 2,9 %	ASTM C-128
4	Berat jenis SSD agregat kasar	1 – 3,0 %	ASTM C-127
5	Analisis kadar lumpur agregat halus	< 5 %	ASTM C-117

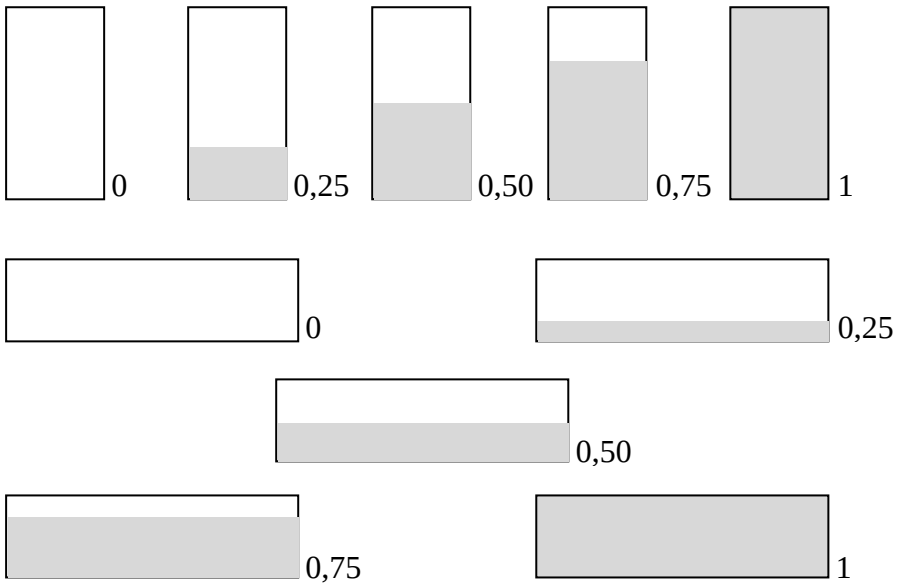
2. Pembuatan rencana campuran (*mix design*)

   Rencana campuran antara semen, air dan agregat-agregat sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton yang diinginkan. Perancangan adukan beton dimaksudkan untuk memperoleh kualitas beton yang seragam.

   Dalam penelitian ini rencana campuran beton menggunakan rencana *mix design* dengan metode ACI. Dengan mengikuti prosedur pada metode tersebut diperoleh kebutuhan bahan-bahan susun beton serat untuk 1 m^3 beton.

3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan dibuat terdiri dari silinder diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm, balok dengan ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm. Masing-masing dibuat sebanyak 30 buah benda uji terdiri dari lima variasi ketinggian beton serat 0; 0,25; 0,50; 0,75 dan 1.



Gambar 9. Variasi ketinggian beton serat

Setiap variasi terdiri dari 6 (enam) benda uji, yang akan dilakukan pengujian pada saat berumur 14 dan 28 hari, yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Jumlah dan kode benda uji umur 14 hari

Ketinggian campuran serat	0	0,25	0,5	0,75	1
Kuat Lentur	L.0.1-1	L.0,2.1-1	L.0,5.1-1	L.0,7.1-1	L.1.1-1
	L.0.1-2	L.0,2.1-2	L.0,5.1-2	L.0,7.1-2	L.1.1-2
	L.0.1-3	L.0,2.1-3	L.0,5.1-3	L.0,7.1-3	L.1.1-3
Kuat Tekan	T.0.1-1	T.0,2.1-1	T.0,5.1-1	T.0,7.1-1	T.1.1-1
	T.0.1-2	T.0,2.1-2	T.0,5.1-2	T.0,7.1-2	T.1.1-2
	T.0.1-3	T.0,2.1-3	T.0,5.1-3	T.0,7.1-3	T.1.1-3
Jumlah	6	6	6	6	6

Tabel 9. Jumlah dan kode benda uji umur 28 hari

Ketinggian campuran serat	0	0,25	0,5	0,75	1
Kuat Lentur	L.0.2-1	L.0,2.2-1	L.0,5.2-1	L.0,7.2-1	L.1.2-1
	L.0.2-2	L.0,2.2-2	L.0,5.2-2	L.0,7.2-2	L.1.2-2
	L.0.2-3	L.0,2.2-3	L.0,5.2-3	L.0,7.2-3	L.1.2-3
Kuat Tekan	T.0.2-1	T.0,2.2-1	T.0,5.2-1	T.0,7.2-1	T.1.2-1
	T.0.2-2	T.0,2.2-2	T.0,5.2-2	T.0,7.2-2	T.1.2-2
	T.0.2-3	T.0,2.2-3	T.0,5.2-3	T.0,7.2-3	T.1.2-3
Jumlah	6	6	6	6	6

Dalam pembuatan benda uji, pengolahan beton terdiri dari menakar (menimbang) bahan-bahan, mengaduk/mencampur, mengangkut dari tempat mengaduk ke pengecoran, mencetak (memasukkan adukan ke dalam cetakan), memadatkan dan merawat.

Tahapan Pembuatan Benda Uji adalah sebagai berikut:

a. Sebelum dilakukan pencampuran, bahan-bahan penyusun beton seperti pasir dan agregat kasar terlebih dahulu disiapkan dalam kondisi *saturated surface dry* (SSD). Hal ini dimaksudkan agar bahan-bahan tersebut tidak menyerap air atau menambah air pada proses pencampuran yang akan mempengaruhi kekuatan beton.

b. Setelah bahan-bahan material dipersiapkan maka selanjutnya dilakukan pencampuran. Pada penelitian ini dilakukan lima kali pencampuran dengan masing-masing campuran menggunakan perbandingan berat bahan-bahan susun beton yang akan diperhitungkan menggunakan metode ACI.

   Urutan pencampuran bahan-bahan susun beton adalah sebagai berikut:

   Mula-mula menghidupkan *concrete mixer*. Kemudian berturut-turut agregat kasar dan pasir dimasukkan ke dalam *concrete mixer*. Setelah tercampur rata, semen dimasukkan ke dalam *concrete mixer* kemudian

ditambahkan air sedikit demi sedikit sampai adukan tercampur rata. Pencampuran dilakukan selama kira-kira empat menit. Untuk adukan beton serat, serat ditaburkan ke dalam *concrete mixer* yang telah berisi adukan beton biasa. Penaburan serat dilakukan dengan hati-hati dan diusahakan agar serat tersebar secara individu di dalam adukan beton sehingga tidak terjadi penggumpalan serat (*balling effect*) yang dapat mempengaruhi kekuatan beton serat. Setelah itu *concrete mixer* dibiarkan berputar sampai adukan tercampur merata yang dilakukan dengan pengamatan visual.

c. Setelah pencampuran selesai, adukan dituang kedalam pan, lalu mengambil sebagian adukan untuk diukur nilai *slump* (dalam cm) dan *VB-time* nya (dalam detik). Nilai *slump* diambil pada saat sebelum dan sesudah serat dimasukkan ke dalam adukan beton, kemudian nilai *slump* dicatat dan ditabelkan. Selanjutnya dilakukan *VB-test* untuk memperoleh *VB-time* nya. *VB-time* yang diperoleh dicatat dan ditabelkan

d. Adukan beton yang telah diuji *workability* nya, dimasukkan kedalam cetakan silinder/balok. Setiap pengambilan adukan dari wadah harus dapat mewakili dari campuran tersebut. Apabila diperlukan campuran beton diaduk kembali dengan menggunakan sendok aduk agar tidak terjadi segregasi selama pencetakan benda uji yang dilanjutkan dengan pemadatan menggunakan penggetar internal. Secara umum pemadatan dengan menggunakan penggetar internal dilakukan selama 5 – 10 detik. Sehingga nantinya tidak terjadi *segregasi*. Setelah masing-

masing lapisan digetar, memukul bagian luar cetakan sebanyak 10 sampai 15 kali dengan palu/pemukul.

e. Melepas beton dari cetakan setelah 24 jam

4. Pemeliharaan terhadap benda uji (*curing*)

Tujuan dari pemeliharaan adalah untuk mencegah terjadinya kehilangan air dalam jumlah besar pada saat bersamaan air yang diperlukan untuk hidrasi tahap awal dan merupakan saat yang kritis. Pencegahan yang dapat dilakukan dengan cara menyiram, merendam, menutupi dengan karung goni yang dibasahi. Pada penelitian ini perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji silinder selama 13 dan 21 hari, benda uji balok selama 14 dan 28 hari yang akan diuji pada umur 14 dan 28 hari.

5. Pelaksanaan pengujian

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kelecakan adukan beton, kuat tekan dan kuat lentur.

a. Pengujian kelecakan adukan beton

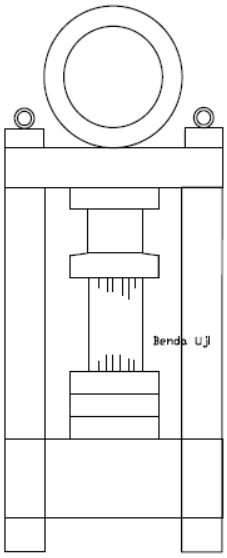
Cara pengukuran kelecakan adukan beton dilakukan dengan menggunakan *slump test* dan *VB-test* yang dijelaskan sebagai berikut:

Mula-mula adukan beton dimasukkan ke dalam kerucut Abrams dalam tiga lapis yang diperkirakan sama tebalnya. Setiap lapisan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat baja (diameter 16 mm, panjang 600 mm). Kemudian bidang atas kerucut diratakan dan didiamkan selama 30 detik, lalu kerucut Abrams diangkat vertical secara hati-hati. Penurunan tinggi kerucut adukan beton terhadap tinggi kerucut semula diukur sebagai nilai slump (dalam cm). Adukan

beton serat yang berbentuk kerucut terpancung yang berada didalam kontainer silinder digetarkan dengan cara meletakkan kontainer silinder tersebut di atas meja getar. Penggetaran dilakukan hingga adukan beton yang berbentuk kerucut terpancung menjadi rata. Waktu yang diperlukan untuk meluluhkan adukan beton menjadi rata dinamakan *VB-time* (dalam detik). Kelecakan adukan beton yang baik berkisar antara 5 – 25 detik (ACI Committe 544, 1984).

b. Pengujian kuat tekan

Nilai kuat tekan beton didapat melalui tata cara pengujian standar ASTM C-192, pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat CTM dengan cara meletakkan silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) tegak lurus dan memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan 0,15 MPa/detik sampai sampai 0,34 MPa/detik sampai benda uji hancur. Sebelum melakukan pengujian, maka permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji. Dalam hal ini maka benda uji harus diberi lapisan belerang (*capping*) setebal 1,5 mm sampai 3 mm pada permukaan tekan benda uji silinder. Cara lain dapat juga dilakukan dengan memberi pasta semen. Dari hasil pengujian ini didapat beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton sampai silinder beton tersebut hancur.



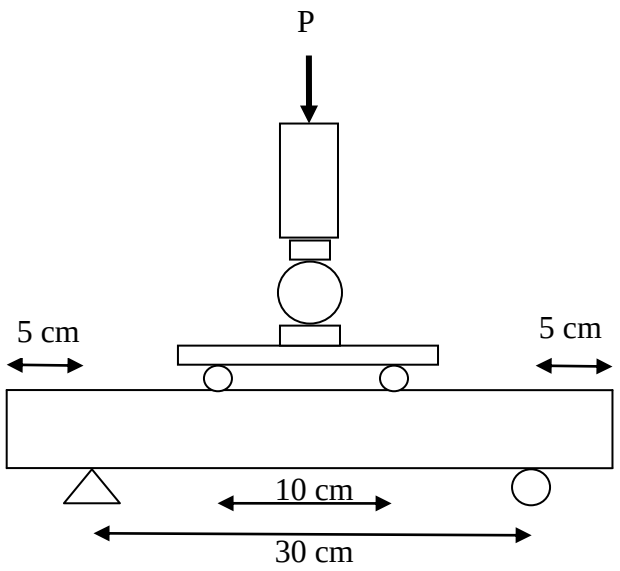
Gambar 10. *Setting up* uji kuat tekan

c. Pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini menggunakan alat *Hydraulic Jack* dan pembacaan beban dengan *proving ring.* Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat beton berumur 14 dan 28 hari.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

Benda uji diletakkan diatas dua tumpuan sejarak 300 mm, kemudian pada balok tersebut diberi dua beban terpusat ½ P yang masing-masing berjarak 1/3 bentang dari tumpuan sesuai ASTM C 78. Ditengah bentang pada bagian bawah balok diletakkan *dial gage* yang berguna untuk mengukur lendutan (mm) saat pengujian lentur. Selanjutnya diberi beban secara bertahap dari *Hydraulic Jack* dengan sistem pompa yang terhubung pada alat tersebut. Pembebanan terus dilakukan sampai balok runtuh kemudian mencatat beban maksimum yang didapat dari pembacaan *proving ring*.



Gambar 11. *Setting up* uji lentur

D. Analisis Hasil

Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan cara:

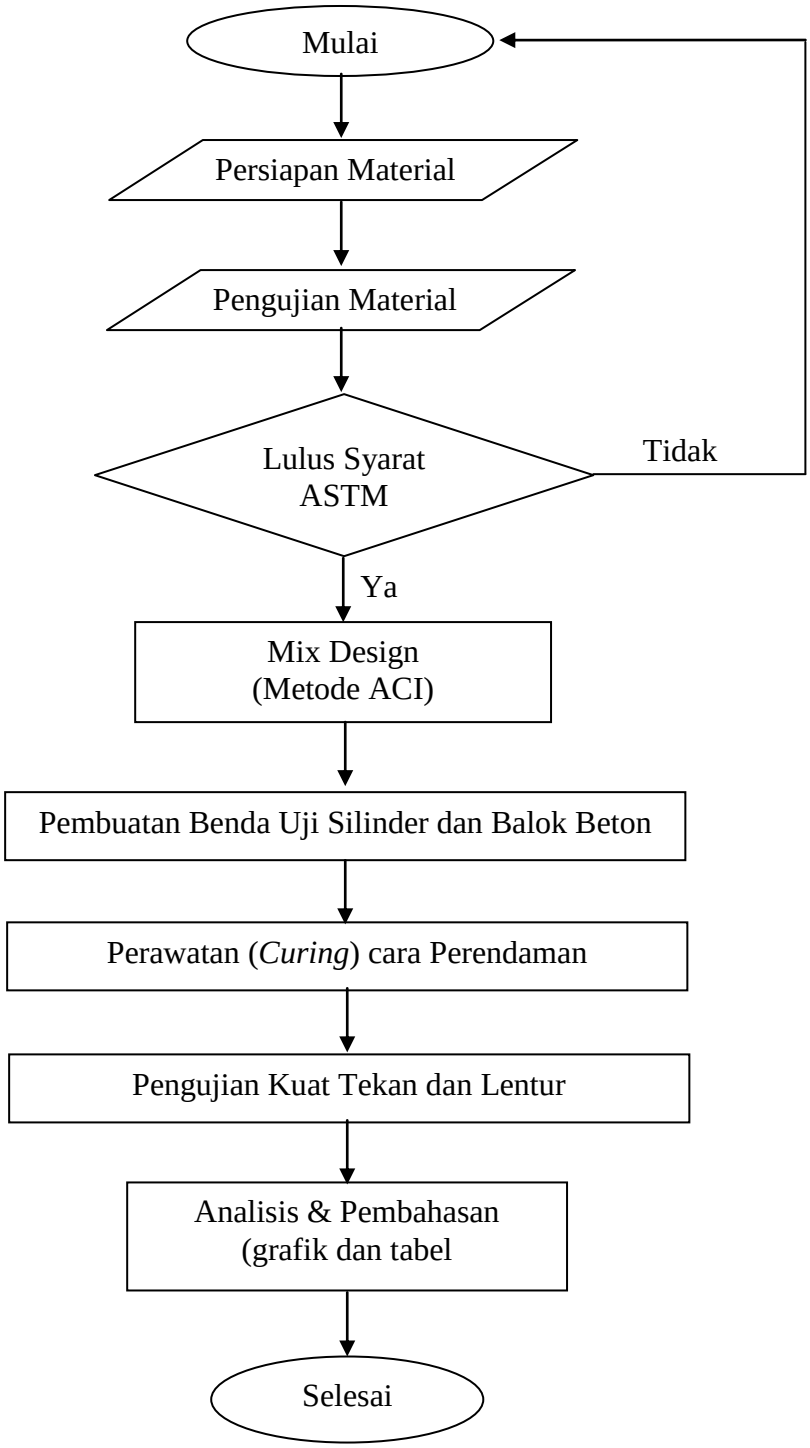
a. Menghitung berat jenis beton untuk benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan cara menimbang massa beton kemudian dibagi volumenya.

b. Menghitung kuat tekan beton untuk benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan menggunakan persamaan (1) dan disajikan dalam bentuk tabel.

c. Menghitung kuat lentur beton untuk benda uji balok ukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm dengan menggunakan persamaan (3) dan disajikan dalam bentuk tabel.

d. Dari hasil pengujian kuat tekan dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi ketinggian campuran serat baja seling terhadap kuat tekan, kemudian menganalisanya.

e. Dari hasil pengujian kuat lentur dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi ketinggian campuran serat baja seling terhadap kuat lentur, kemudian menganalisanya.



Gambar 12. Diagram alir pelaksanaan penelitian

V. PENUTUP

A. Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap benda-benda uji baik silinder maupun balok, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kelecakan adukan beton serat dipengaruhi oleh volume fraksi serat yang ditambahkan pada adukan beton, dengan kata lain menurunkan kemudahan pengerjaan beton.
2. Penambahan serat baja seling pada adukan beton tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton. Pada penelitian ini diperoleh kuat tekan optimum pada tinggi beton serat 0,75 yaitu sebesar 3,5714%.
3. Kekuatan lentur beton mengalami peningkatan optimum sebesar 18,9475% yang terjadi pada tinggi beton serat 0,75.
4. Keruntuhan yang terjadi pada benda uji saat pengujian tekan dan pengujian lentur menunjukkan bahwa benda uji beton biasa (tinggi beton serat 0) akan mengalami keruntuhan yang mendadak setelah tercapainya beban maksimum (keruntuhan bersifat getas). Tetapi, pada benda uji beton serat setelah tercapainya beban maksimum tidak langsung runtuh tetapi masih mampu menahan beban/tegangan (keruntuhan bersifat daktail).

B. Saran

Saran yang dapat diberikan adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai sifat-sifat mekanika beton serat dengan menggunakan serat dengan bentuk geometri yang lain.
2. Perlunya dilakukan penelitian dengan volume fraksi serat baja seling optimum yang ditambahkan pada pada adukan beton dengan tinggi beton serat yang bervariasi.
3. Dalam membuat campuran beton diharapkan peneliti mampu membuat adukan homogen agar menghasilkan benda uji yang baik.
4. Diperlukan penambahan jumlah sampel, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

ACI Committee 544. 2002. *State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete*. Report No. ACI 544.1R-96.

ACI Committee 544. 1984. *Guide for Specifying, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete*. ACI Journal.

ASTM C-33. *Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*. United States

ASTM C 78 – 02. 1987. *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. West Conshohocken. United State.

ASTM C 494. 2001. *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. United States.

Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton.* Andi Offset. Yogyakarta.

Neville, A.M., & J.J, Brooks. 2010. *Concrete Technology*. Pearson. England.

Purwanto, Eddy. 1999. *Pengaruh Fiber Lokal Pada Perilaku dan Kuat Torsi Ultimit Balok Beton Bertulang*. (Tesis). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Sebayang, Surya. 2000. *Bahan Bangunan*. Universitas Lampung. Lampung.

SNI 2847. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. BSN. Jakarta.

SNI 4431. 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. BSN. Jakarta.

SNI 2049. 2004. *Semen Portland*. BSN. Jakarta

Soroushian, P., and Bayasi, Z. 1987. *Concept of Fiber Reinforced Concrete*. Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete. Michigan State University. Michigan.

Suhendro, B., 1991. *Pengaruh Fiber Kawat Lokal Pada Sifat-Sifat Beton*. Laporan Penelitian. Universitas Gadjah Mada.

Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2012. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit KMTS FT. Yogyakarta.