

# PENGUJIAN KUAT TARIK LENTUR BETON DENGAN VARIASI KUAT TEKAN BETON

Fanto Pardomuan Pane

H. Tanudjaja, R. S. Windah

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [fanto.pane@yahoo.co.id](mailto:fanto.pane@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton polos memiliki kekuatan tekan yang tinggi dibandingkan dengan kekuatannya. Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tarik beton biasanya 8%-15% dari kuat tekan beton. Kuat tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak di dalam struktur. Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Tujuan dari penelitian ini adalah, membandingkan hubungan antara kuat tarik lentur beton dan kuat tekan beton. Pada penelitian dilakukan perawatan selama 28 hari dengan benda uji yang digunakan adalah balok 100x100x400 mm sebanyak 32 buah untuk pengujian kuat tarik lentur dan silinder 10/20 mm sebanyak 20 buah untuk pengujian kuat tekan. Variasi kuat tekan yang digunakan yaitu 20,25,30 dan 35 MPa. Hasil pengujian menyatakan bahwa nilai kuat tarik lentur pada beton mengalami kenaikan yaitu semakin besar nilai kuat tekan maka nilai kuat tarik lentur yang dihasilkan semakin besar pula. Pada penelitian ini nilai  $f_r/\sqrt{f'_c}$  berkisar 0,81 sampai 0,83.

**Kata kunci :** Beton, Kuat Tekan, Kuat Tarik Lentur

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pembangunan dibidang struktur dewasa ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, yang berlangsung diberbagai bidang, misalnya gedung-gedung, jembatan, tower, dan sebagainya. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Beton diminati karena banyak memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain mudah dibentuk, mempunyai kekuatan yang baik, bahan baku penyusun mudah didapat, tahan lama, tahan terhadap api, tidak mengalami pembusukan.

Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kwalitas tinggi meliputi kekuatan dan daya tahan tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Hal lain yang mendasari pemilihan dan penggunaan beton sebagai bahan konstruksi adalah faktor efektifitas dan tingkat efisiensinya.

Secara umum bahan pengisi (*filler*) beton terbuat dari bahan-bahan yang mudah diperoleh, mudah diolah (*workability*) dan mempunyai keawetan (*durability*) serta kekuatan (*strength*) yang sangat diperlukan dalam suatu konstruksi. Dari sifat yang dimiliki beton itulah menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya. Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pengerjaan di lapangan.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan hubungan antara kuat tarik lentur beton dan kuat tekan beton.

### Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain memberikan informasi tentang pengaruh variasi kuat tekan beton terhadap kuat tarik lentur beton.

## LANDASAN TEORI

### Pengertian Umum Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-1993). Beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, misalnya

- Ekonomis yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan struktur, daktilitas dan sebagainya.
- Harganya dapat menjadi murah apabila bahan-bahan dasar lokal banyak tersedia.
- Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.
- Kuat tekannya yang cukup tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat.
- Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun dimasukkan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
- Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang sulit.
- Beton memiliki sifat ketahanan terhadap pengaruh temperatur tinggi yang mungkin timbul, seperti akibat peristiwa kebakaran.
- Rigiditas tinggi.
- Biaya pemeliharaan yang rendah.
- Penyediaan material yang mudah.

Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan yaitu:

- Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
- Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.

- Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.
- Memerlukan biaya untuk bekisting dan perancah (untuk beton yang di cor ditempat). Berdasarkan sifatnya, jenis-jenis pengujian beton yang dibutuhkan adalah:
- Beton segar: slump, temperatur/suhu, faktor pemadatan, kadar udara.
- Beton keras: kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas, permeabilitas, porositas, poison ratio, susut, rangkai. Karakteristik beton yang baik dapat disimpulkan sebagai berikut:

#### 1. Kuantitas beton

- Kepadatan yaitu ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen.
- Kekuatan yaitu beton harus mempunyai kekuatan daya tahan internal terhadap berbagai jenis kegagalan.
- Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton.
- Tekstur permukaan beton harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca.

#### 2. Kualitas beton

- Kualitas semen.
- Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
- Kekuatan dan kebersihan agregat.
- Adhesi atau interaksi antara pasta semen dan agregat.
- Pencampuran yang cukup dari bahan pembentuk beton.
- Perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 50°F.
- Kandungan chlorida tidak melebihi 0,15% dalam beton ekspos dan 1% dalam beton terlindung.

### Sifat-Sifat Beton

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban.

Adapun sifat-sifat beton segar adalah :

### ***Kemudahan Pengerjaan (workability)***

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Menurut (SNI 1972:2008) workability beton merupakan kemudahan pengerjaan beton segar.

### ***Bleeding***

*Bleeding* adalah peristiwa keluarnya air dalam beton segar ke permukaan akibat proses pengendapan bahan-bahan padat dari beton (SNI 4156:2008).

### ***Segregasi***

Segregasi adalah peristiwa terpisahnya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan (SNI 03-3976-1995).

### **Bahan-bahan Pembentuk Beton**

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen gabungan diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen. Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy,1990).

Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan kasar dengan semen dan air sebagai pengikatnya.

### **Semen Portland**

Semen portland merupakan 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 (SNI 15-2049-2004).

SNI 15-2049-2004 membagi semen portland menjadi 5 jenis:

- Jenis I : Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- Jenis II : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

Jenis IV : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

### **Agregat**

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 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 di antara agregat berukuran besar (Nawy,1990).

### **Agregat Halus**

Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir hasil olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Sesuai dengan (SNI 03 - 2847- 2002), bahwa agregat halus merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm. Agregat halus yang baik harus bebas dari bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no.100, atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus.

### **Agregat Kasar**

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Sesuai dengan SNI 03 - 2847 - 2002, bahwa agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi

memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

3. Agregat kasar buatan: Terutama berupa *slag* atau *shale* yang bisa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain seperti dari *blast-furnace* dan lain-lain.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk perlindungan dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan disini misalkan baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

**Air**

Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan (SNI-03-2847-2002). Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak mempunyai rasa atau bau yang mencolok memenuhi syarat sebagai air campuran untuk pembuatan beton. Apabila ketidakmurnian dalam air campuran berle-bihan, dapat mempengaruhi tidak hanya waktu pengikatan (*setting time*), kuat beton, stabilitas volume (perubahan panjang), tetapi dapat juga mengakibatkan penge-flor-an (*efflorescence*) atau korosi tulangan. Konsentrasi tinggi dari bahan solid yang dapat larut dalam air, sebaiknya dihindari.

Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi (SNI-03-2847-2002):

1. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
2. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

**Faktor Air Semen**

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen (pers. 1) :

$$FAS = \frac{W_w}{W_c} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- W<sub>w</sub> = Berat air
- W<sub>c</sub> = Berat semen

Faktor air semen merupakan ukuran kekuatan beton, maka faktor ini harus merupakan kriteria yang utama dalam desain struktur beton pada umumnya. Biasanya dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran (Nawy,1990).

Faktor air semen yang rendah (kadar air sedikit) menyebabkan air diantara bagian-bagian semen sedikit sehingga jarak antara butiran-butiran semen pendek. Akibatnya massa semen, menunjukkan lebih berkaitan, karenanya kekuatan awal lebih dipengaruhi dan akhirnya batuan semen mencapai kepadatan tinggi. Semakin kecil nilai faktor air semen maka akan mengakibatkan nilai kuat tekan yang semakin tinggi. Walaupun demikian nilai faktor air semen mempunyai batasan sepanjang adukan beton masih dapat di kerjakan secara baik.

**Berat Volume Beton**

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat benda uji beton terhadap volume beton (pers. 2):

$$D = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- D = Berat Volume Beton [kg/m<sup>3</sup>]
- W = Berat Benda Uji [kg]
- V = Volume Beton [m<sup>3</sup>]

Berdasarkan berat volume (kerapatannya), beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Tabel 1 dan 2) :

Tabel 1. Klasifikasi beton berdasarkan berat volume menurut American Concrete Institute (ACI)

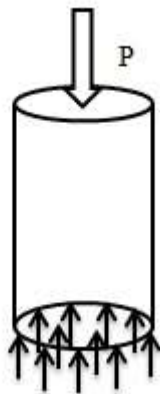
Klasifikasi	Berat Volume Beton [kg/m <sup>3</sup> ]
Beton ultra ringan	300 - 1100
Beton ringan	1100 - 1600
Beton ringan struktural	1450 - 1900
Beton normal	2100 - 2550
Beton berat	2900 - 6100

Tabel 2. Klasifikasi beton berdasarkan berat volume beton menurut (SNI 03-2847-2002)

Jenis Beton	Berat volume beton kering udara [kg/m <sup>3</sup> ]
Beton Ringan	< 2200
Beton Normal	2200-2500
Beton Berbobot Berat	>2500

**Kekuatan Tekan**

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990).



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan

Rumus untuk mendapatkan kuat tekan:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

- $f_c$  = Kuat Tekan [MPa]
- $P$  = Beban maksimum [kN]
- $A$  = Luas Penampang [mm<sup>2</sup>]

**Kekuatan Tarik**

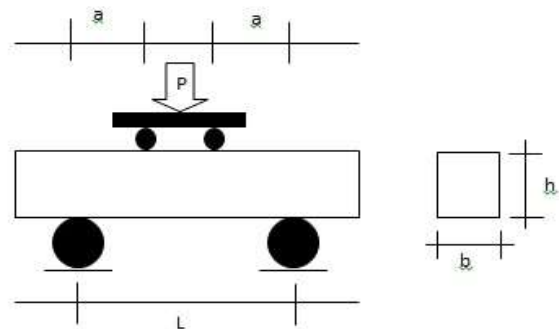
Kuat tarik beton biasanya 8%-15% dari kuat tekan beton, kekuatan tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder, dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan kuat tekan diletakkan pada sisinya di atas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji.

**Kuat Tarik Lentur**

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

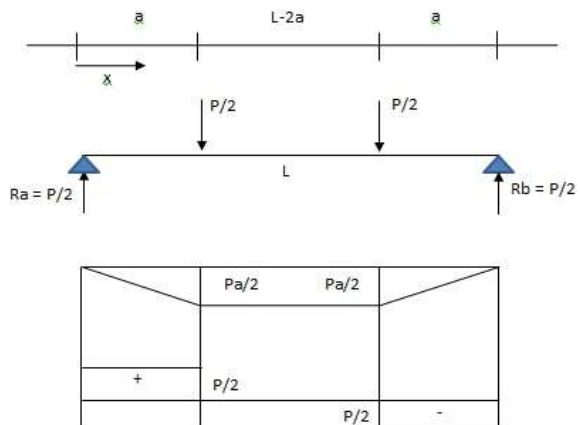
Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur, yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengalami keruntuhan akibat lentur murni seperti Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian Kuat Tarik Lentur

Rumus kuat tarik lentur diperlihatkan pada Persamaan 3.:



Gambar 3. Diagram Momen (M) dan Gaya Lintang (Q)

$$f_r = \frac{3Pa}{bh^2} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

- fr = Kuat Tarik Lentur [MPa]
- P = Beban pada waktu lentur [kN]
- a = Jarak dari perletakan ke gaya [mm]
- b = Lebar penampang balok [mm]
- h = Tinggi penampang balok [mm].

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Diagram Alir Penelitian**



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

**Metode Penelitian**

Penelitian ini diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian yang dilaksanakan di laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

Adapun tahapan dalam pelaksanaan penelitian adalah :

1. Persiapan material penelitian.
2. Pemeriksaan material yaitu :
  - a. Pemeriksaan gradasi dari agregat kasar dan agregat halus.

- b. Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi dari agregat kasar dan agregat halus.
  - c. Pemeriksaan kadar air dari agregat kasar dan agregat halus.
  - d. Pemeriksaan Keausan agregat kasar.
  - e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dan agregat halus.
  - f. Pemeriksaan berat volume.
3. Pembuatan benda uji  
 Pada tahap ini benda uji yang dibuat balok dengan ukuran (100 x 100 x 400) mm, dan silinder (10/20) cm didesain dengan memvariasikan kuat tekan beton. Variasi Kuat tekan beton,  $f'_c$ , yang dipakai yaitu: 20, 25, 30, 35 MPa.

Tabel 3. Benda Uji

Kuat tekan [MPa]	Balok (10x10x40 cm <sup>3</sup> )	Silinder (d=10cm, t=20cm)
20	8 buah	5 buah
25	8 buah	5 buah
30	8 buah	5 buah
35	8 buah	5 buah

4. Perawatan benda uji.
5. Pemeriksaan Kuat Tekan Beton
6. Pemeriksaan nilai slump dari masing-masing campuran beton.
7. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin penguji kuat tekan
8. Pengujian kuat tarik lentur
9. Hasil Penelitian dinyatakan ke dalam bentuk tabel dan grafik yang berupa: Tabel hasil pengujian Kuat Tarik Lentur dari tiap benda uji pada umur tersebut di atas.
10. Kesimpulan dan Saran.

**Persiapan Material**

Secara umum pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah pekerjaan. Diawali dengan menetapkan komposisi campuran, penyiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian benda uji. Tahapan-tahapan penelitian tersebut di atas, dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan pengerjaan beton yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium. Sebagian langkah pemeriksaan material hanya dibatasi pada pemeriksaan karakteristik, karena dianggap penting dalam perhitungan komposisi campuran. Namun tidak semua material dapat diperiksa karakteristiknya. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air dan material aditif.



Semua material (semen, agregat) berasal dari tempat yang berbeda, diteliti untuk ditetapkan sebagai bahan pembentuk beton. Semua bahan ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengalami perubahan fisik dan kimia serta bebas dari benda asing.

Untuk menjaga kelembaban supaya tetap, material dimasukkan ke dalam kantong plastik. Semen yang digunakan adalah semen portland tipe-1. Air yang digunakan dalam proses mencampur beton adalah air dari Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Agregat kasar adalah batu pecah yang berasal dari Tateli. Batu pecah diperoleh melalui pemecah batu (*stone crusher*) dengan ukuran 4.75 – 19 mm, kemudian diayak dengan menggunakan saringan no.4. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Girian. Pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan no.4.

**Pemeriksaan Agregat**

Agregat halus pasir berasal dari Girian, agregat kasar batu pecah berasal dari Tateli. Agregat kemudian dilakukan Pengujian Gradasi, Kadar Lumpur, Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus, Keausan dan Berat Volume untuk perhitungan proporsi campuran beton.

**Pencampuran Beton (*Mixing*)**

Susunan beton itu harus dibuat sedemikian rupa agar kekuatan yang akan dicapai sebesar-besarnya, oleh karena itu perlu direncanakan komposisi campuran. Terutama dalam pengambilan bahan penyusun beton yang memiliki ukuran butiran yang berbeda, sehingga terdapat suatu pori-pori yang minimum. Butiran halus harus mengisi pori antara bagian agregat yang lebih kasar. Campuran semen dengan air harus dapat mengisi lubang-lubang antara bagian dari agregat halus. Pengerjaan beton yang dibuat secara manual dan pabrikasi mutunya harus dapat dipertahankan terhadap kekuatan, keawetan, bentuk awal, dan kedap air.

Selanjutnya adukan beton tidak hanya harus mengeras bagian-bagian pada kerikil atau batu pecah dengan sempurna tapi harus juga mengisi pori-pori antara bagian-bagian yang kasar seluruhnya. Untuk ini diperlukan suatu perbandingan yang tepat antara semen, air, agregat kasar dan agregat halus beserta bahan tambahan lainnya. Setelah penetapan komposisi campuran, hal yang perlu diperhatikan menyangkut cara pelaksanaan campuran, efisiensi, bleeding, dan segregasi yang akan terjadi bila pencampuran telah dilakukan.

**Pemeriksaan Slump**

Langkah-langkah pengujian Slump :

1. Basahi kerucut Abrams, seng plat, dan tropol dengan air.
2. Letakan seng plat dan kerucut pada tempat yang datar, kerucut Abrams ditahan dengan tangan agar tidak terjadi pergeseran.
3. Tuangkan campuran beton kedalam kerucut Abrams dengan membagi 3 lapisan, tiap lapisan diberikan tusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi.
4. Ratakan permukaan kerucut Abrams yang sudah berisi campuran beton dengan tropol lalu bersihkan daerah sekitar kerucut.
5. Angkat kerucut Abrams secara tegak lurus secara perlahan-lahan.
6. Kemudian tempatkan kerucut di samping campuran beton secara terbalik, lalu ukur tinggi penurunan dengan mistar ukur besi.
7. Tinggi penurunan menunjukkan besar kecilnya nilai slump yang terjadi pada campuran beton.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**Pemeriksaan Nilai Slump**

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai slump. Nilai slump merupakan nilai perbedaan tinggi adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Nilai slump diukur pada setiap pengecoran.

Tabel 2. Nilai Slump

Pengecoran	Nilai Slump [mm]	
1	68	71
2	74	
3	82	79
4	76	
5	91	87,5
6	84	
7	71	73
8	75	

**Berat Volume Beton**

Berat volume beton dihitung dengan menggunakan Persamaan yang tercantum pada landasan teori. Berat yang digunakan adalah berat rata-rata dari setiap benda uji pada umur 28 hari dan dapat dilihat pada tabel 3.

Contoh perhitungan :

Pada benda uji (1)

Berat = 9,17 kg

Volume benda uji = 0,10 x 0,10 x 0,40

= 0,004 m<sup>3</sup>

Berat Volume beton =  $\frac{9,17}{0,004} = 2292,5 \text{ kg/m}^3$

Tabel 3. Berat Volume beton pada benda uji balok (100x100x400) mm umur 28 hari

Kuat Tekan [MPa]	Balok	Berat [kg]	Volume Benda Uji [m <sup>3</sup> ]	Berat Volume Benda Uji [kg/m <sup>3</sup> ]	Berat Volume Rata-rata [kg/m <sup>3</sup> ]
18,1	1	9,17	0,004	2292,5	2312,500
	2	9,18	0,004	2295,	
	3	9,30	0,004	2325,	
	4	9,15	0,004	2287,5	
	5	9,27	0,004	2317,5	
	6	9,32	0,004	2330	
	7	9,32	0,004	2330	
	8	9,29	0,004	2322,5	
24,9	1	9,17	0,004	2292,5	2298,438
	2	9,31	0,004	2327,5	
	3	9,30	0,004	2325	
	4	9,09	0,004	2272,5	
	5	9,09	0,004	2272,5	
	6	9,18	0,004	2295	
	7	9,25	0,004	2312,5	
	8	9,16	0,004	2290	
28,9	1	9,19	0,004	2297,5	2314,688
	2	9,33	0,004	2332,5	
	3	9,15	0,004	2287,5	
	4	9,42	0,004	2355	
	5	9,18	0,004	2295	
	6	9,23	0,004	2307,5	
	7	9,37	0,004	2342,5	
	8	9,20	0,004	2300	
34,9	1	9,18	0,004	2295	2304,375
	2	9,30	0,004	2325	
	3	9,18	0,004	2295	
	4	9,22	0,004	2305	
	5	9,24	0,004	2310	
	6	9,17	0,004	2292,5	
	7	9,24	0,004	2310	
	8	9,21	0,004	2302,5	

Tabel 4. Berat Volume beton pada benda uji silinder (10/20) cm umur 28 hari

Kuat Tekan [MPa]	Silinder	Berat [kg]	Volume Benda Uji [m <sup>3</sup> ]	Berat Volume Benda Uji [kg/m <sup>3</sup> ]	Berat Volume Rata-rata [kg/m <sup>3</sup> ]
18,1	1	3,53	0,001571	2246,98	2239,338
	2	3,51	0,001571	2234,25	
	3	3,50	0,001571	2227,88	
	4	3,54	0,001571	2253,34	
	5	3,51	0,001571	2234,25	
24,9	1	3,55	0,001571	2259,71	2262,253
	2	3,55	0,001571	2259,71	
	3	3,53	0,001571	2246,98	
	4	3,58	0,001571	2278,80	
	5	3,56	0,001571	2266,07	
28,9	1	3,55	0,001571	2259,71	2268,619
	2	3,57	0,001571	2272,44	
	3	3,55	0,001571	2259,71	
	4	3,60	0,001571	2291,53	
	5	3,55	0,001571	2259,71	
34,9	1	3,57	0,001571	2272,44	2273,711
	2	3,57	0,001571	2272,44	
	3	3,56	0,001571	2266,07	
	4	3,58	0,001571	2278,80	
	5	3,58	0,001571	2278,80	

**Kuat Tarik Lentur Beton**

Dengan persamaan 3. nilai kuat tarik lentur dapat diperoleh. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

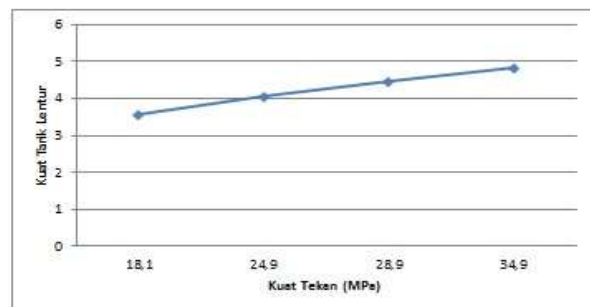
Tabel 5. di bawah, menunjukkan kuat tarik lentur di setiap variasi kuat tekan. Contoh pada sampel balok 1 kuat tekan 20 MPa, pada alat terbaca beban 11,529 kN dengan persamaan 3. didapat kuat tarik lentur sebesar 2,234 MPa.

Diketahui : P = 11,529 kN = 11529 N  
 a = 100 mm  
 b = 100 mm  
 h = 100 mm

Penyelesaian :  $f_r = \frac{3Pa}{bh^2} = \frac{3 \times 11529 \times 100}{100 \times 100^2} = 3,459 \text{ MPa}$

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tarik Lentur Balok Beton (100x100x400) mm

Kuat Tekan [MPa]	Balok	Berat [kg]	Bacaan Gaya [kN]	Kuat Tarik Lentur [MPa]	Kuat tarik lentur rata-rata [MPa]
18,1	1	9,17	11,529	3,459	3,56
	2	9,18	10,972	3,292	
	3	9,30	12,705	3,812	
	4	9,15	11,202	3,361	
	5	9,27	12,579	3,774	
	6	9,32	12,276	3,683	
	7	9,32	12,002	3,601	
	8	9,29	11,756	3,527	
24,9	1	9,17	13,083	3,925	4,07
	2	9,31	14,397	4,319	
	3	9,30	12,739	3,822	
	4	9,09	13,833	4,150	
	5	9,09	13,244	3,973	
	6	9,18	12,717	3,815	
	7	9,25	14,050	4,215	
	8	9,16	14,457	4,337	
28,9	1	9,19	14,860	4,458	4,46
	2	9,33	14,703	4,411	
	3	9,15	15,014	4,504	
	4	9,42	15,204	4,561	
	5	9,18	14,737	4,421	
	6	9,23	14,942	4,483	
	7	9,37	14,599	4,380	
	8	9,20	14,807	4,442	
34,9	1	9,18	15,494	4,648	4,82
	2	9,30	15,446	4,634	
	3	9,18	15,970	4,791	
	4	9,22	16,618	4,985	
	5	9,24	16,017	4,805	
	6	9,17	15,711	4,713	
	7	9,24	17,000	5,100	
	8	9,21	16,242	4,873	



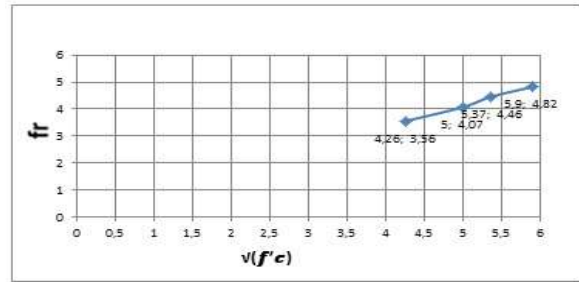
Gambar 5. Grafik kuat tarik lentur balok beton dengan variasi kuat tekan beton

Grafik pada gambar 5. menunjukkan semakin besar kuat tekan beton semakin besar pula kuat tarik lentur balok beton tersebut.



**Kuat Tarik Lentur Beton dibandingkan dengan Kuat Tekan**

Hasil pengujian kuat tarik lentur selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengujian kuat tekan. Pada penelitian ini diperoleh hasil kuat tekan dari benda uji kubus yang sudah dibuat kemudian dari hasil kuat tekan yang diperoleh dipakai kuat tekan hasil pengujian untuk dibandingkan dengan kuat tarik lentur.



Gambar 6. Grafik hubungan  $f_r$  dan  $\sqrt{f'_c}$

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder (10/20)

Mutu [MPa]	Balok	Kuat Tekan Rata-rata [MPa]
20	8 buah	18,1
25	8 buah	24,9
30	8 buah	28,9
35	8 buah	34,9

Tabel 7. Perbandingan Kuat Lentur dengan Kuat Tekan

Mutu [MPa]	Kuat tarik lentur ( $f_r$ ) [MPa]	Kuat tekan ( $f'_c$ ) [MPa]	perbandingan	
			$\sqrt{f'_c}$	$f_r/\sqrt{f'_c}$
20	3,56	18,1	4,26	0,84
25	4,07	24,9	5,00	0,81
30	4,46	28,9	5,37	0,83
35	4,82	34,9	5,90	0,82

Pada tabel 7. diperoleh nilai  $f_r/\sqrt{f'_c}$  berkisar 0,81 sampai 0,83

$$0,81\sqrt{f'_c} < f_r < 0,83\sqrt{f'_c}$$

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan analisa data penelitian hasil pengujian kuat tarik lentur serta grafik-grafik yang ada, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan klasifikasi berat jenis beton, hasil pemeriksaan berat volume beton termasuk beton berbobot normal.
2. Pada penelitian ini nilai  $f_r/\sqrt{f'_c}$  berkisar 0,81 sampai 0,83 sedangkan pada standar peraturan beton yang ada seperti SNI memiliki nilai 0,7 dan ACI 0,6. Selisih antara hasil penelitian dan SNI adalah 0,11 sampai 0,13, Sedangkan selisih terhadap ACI 0,21 sampai 0,23.

**Saran**

Perlu penelitian lebih lanjut di laboratorium dengan menggunakan material yang sesuai spesifikasi, dimensi benda uji yang berbeda, serta penambahan variasi kuat tekan untuk melengkapi hasil penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Nawy.E.G, 1990. *Beton Bertulang (suatu Pendekatan Dasar)*, PT. Eresco, Bandung.  
 Rice, Paul F., 1921. *Structural Design Guide to the ACI Building Code*.  
 SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.  
 SNI 03-3976-1995, *Tata Cara Pengadukan Pengecoran Beton*.  
 SNI 03-4431-1997, *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal dengan Dua Titik Pembebanan*.  
 SNI 03-2834-2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campura Beton Normal*.  
 SNI 15-2049-2004, *Semen Portland*.  
 SNI 03-2874-2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.  
 SNI 4156:2008, *Cara Uji Bliding dari Beton Segar*.  
 SNI 4156:2008, *Cara Uji Slump*.