

**Pengaruh Variasi Bentuk Dan Luasan *Headed Anchor* Terhadap  
Perilaku Lekatan Pada Beton Normal**

***The Effect of Shape and Area Variation Headed Anchor on Attachment  
Behavior in Normal Concrete***

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**DARIN SAFHIRA  
F1A 118 018**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM  
2024**

Artikel Ilmiah

**Pengaruh Variasi Bentuk Dan Luasan *Headed Anchor* Terhadap  
Perilaku Lekatan Pada Beton Normal**  
*The Effect of Shape and Area Variation Headed Anchor on Attachment  
Behavior in Normal Concrete*

Oleh :

**Darin Safhira**  
**F1A118018**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing :

1. Pembimbing Utama



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr. Eng.  
NIP: 19731027 199802 1 001

Tanggal : 26 Januari 2024

2. Pembimbing Pendamping



Ir. Miko Eniarti, MT.  
NIP: 19650315 199103 2 002

Tanggal : 26 Januari 2024

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr. Eng.  
NIP: 19731027 199802 1 001

Artikel Ilmiah

**PENGARUH VARIASI BENTUK DAN LUASAN *HEADED ANCHOR* TERHADAP PERILAKU LEKATAN PADA BETON NORMAL**

*The Effect of Shape and Area Variation Headed Anchor on Attachment Behavior in Normal Concrete*

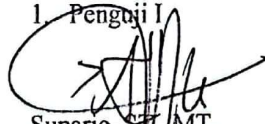
Olch :

**Darin Safhira  
F1A118018**

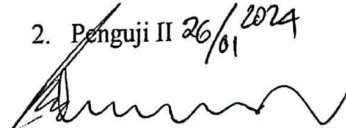
Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 26 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1  
Jurusan Teknik Sipil

**Susunan Tim Penguji**

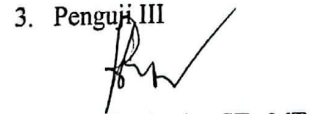
1. Penguji I

  
Suparjo, ST., MT.  
NIP: 19670814 199412 1 001

2. Penguji II 26/01/2024

  
I Nyoman Merdana, ST., MT.  
NIP: 19680913 199703 1 001

3. Penguji III

  
I Wayan Sugiarta, ST., MT.  
NIP: 19690620 199702 1 001

Mataram, 26 Januari 2024  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Dr. Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D.**  
NIP: 19720222 199903 1 002

# PENGARUH VARIASI BENTUK DAN LUASAN HEADED ANCHOR TERHADAP PERILAKU LEKATAN PADA BETON NORMAL

**Darin Safhira<sup>1</sup>, Hariyadi<sup>2</sup>, Miko<sup>3</sup>**  
**Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram**

## ABSTRAK

Beton mempunyai kekuatan yang besar dalam menahan gaya tekan, namun lemah dalam menahan gaya tarik. Bagian beton yang menahan gaya tarik akan diperkuat atau ditahan oleh tulangan baja. Pada komponen struktur beton bertulang yang menahan beban akan timbul tegangan lekat pada permukaan singgung antara tulangan baja dengan beton. Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya tegangan lekat tersebut yaitu variasi bentuk dan luasan penjangkaran. Penambahan kepala penjangkaran dapat meningkatkan lekatan dan kelunturan pada beton. Metode penjangkaran yang digunakan biasanya, dengan mengelas plat dan baja tulangan. Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk dan luasan *headed anchor* terhadap perilaku lekatan pada beton normal.

Penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran  $150 \times 300$  mm untuk uji kuat tekan, benda uji berbentuk silinder berukuran  $200 \times 300$  mm untuk uji kuat lekat, dan benda uji berbentuk double L berukuran  $300 \times 200 \times 75$  mm untuk uji kuat geser. Benda uji yang digunakan pada pengujian kuat tekan dan geser beton masing-masing sebanyak 3 buah, dan pada pengujian kuat lekat jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 51 dengan masing-masing variasi luasan dan bentuk penjangkaran sebanyak 12 benda uji. Tulangan baja polos ditanamkan pada benda uji silinder dengan variasi bentuk *headed anchor* lingkaran, segi enam, persegi dan segitiga serta variasi luasan *headed anchor*  $78,5 \text{ mm}^2$  (tanpa *headed*),  $236 \text{ mm}^2$  (L1),  $412,7 \text{ mm}^2$  (L2),  $628,8 \text{ mm}^2$  (L3),  $1179 \text{ mm}^2$  (L4) pada beton normal. Tulangan baja polos yang digunakan berdiameter 10 mm dengan tegangan leleh baja sebesar ( $f_y$ ) 436 Mpa. Pengujian kuat lekat menggunakan metode *pull-out test*. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa beban maksimum pada saat tulangan tercabut, dan tipe keruntuhan beton.

Dari hasil penelitian beton normal dengan variasi bentuk dan luasan *headed anchor* didapatkan nilai tegangan lekat maksimum dengan bentuk lingkaran L1 sebesar 18,08 MPa, bentuk segi enam L1 sebesar 16,29 MPa, dengan bentuk persegi L1 sebesar 15,06 MPa dan dengan bentuk segitiga sebesar 14,78 MPa. Hal ini dikarenakan bentuk dan luasan *headed anchor* mempengaruhi nilai tegangan lekat, dimana didapatkan tegangan lekat maksimum berada pada *headed anchor* bentuk lingkaran dengan luasan L1, bentuk ini direkomendasikan karena diduga memiliki kemungkinan kecil untuk mengalami keretakan pada beton dibandingkan dengan bentuk *headed anchor* lainnya yang memiliki sudut tajam. Hal ini juga diakrenakan pada luasan terkecil diduga memiliki nilai tegangan lekat yang maksimum dikarenakan sudah mendapatkan beban optimal pada saat pengujian tarik dilakukan, sedangkan pada luasan yang lebih besar diduga belum mendapatkan beban yang optimal sehingga tulangan baja lebih dulu mengalami plastis yang menyebabkan putusnya tulangan baja. Dari penelitian ini didapatkan tiga jenis keruntuhan, yaitu *bonding failure*, *side face blowout*, dan *anchor failure*.

Kata Kunci :Tulangan Baja, Bentuk *Headed*, Luasan *Headed*, Beton Normal, Tegangan Lekat.

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Pembimbing Pertama

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing Pendamping

**THE EFFECT OF SHAPE AND AREA VARIATION  
HEADED ANCHOR ON ATTACHMENT BEHAVIOR IN  
NORMAL CONCRETE**

**Darin Safhira<sup>1</sup>, Hariyadi<sup>2</sup>, Miko<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram**

**ABSTRACT**

Concrete has great strength in resisting compressive forces, but is weak in resisting tensile forces. The part of the concrete that resists tensile forces will be reinforced or held by steel reinforcement. In load-bearing reinforced concrete structural components, there will be adhesive stress on the tangent surface between the steel reinforcement and the concrete. One of the factors that affect the magnitude of the adhesive stress is the variation in the shape and area of the anchorage. The addition of an anchorage head can improve adhesion and settlement in concrete. The anchorage method used is usually, by welding the plate and reinforcing steel. This study generally aims to determine the effect of variations in the shape and area of the headed anchor on the bond behavior of normal concrete.

This study used cylindrical specimens measuring  $150 \times 300$  mm for the compressive strength test, cylindrical specimens measuring  $200 \times 300$  mm for the adhesive strength test, and double L-shaped specimens measuring  $300 \times 200 \times 75$  mm for the shear strength test. The test specimens used in the concrete compressive and shear strength tests were 3 each, and in the adhesive strength test the number of test specimens used was 51 with each variation in area and anchorage shape of 12 specimens. Plain steel reinforcement was embedded in cylindrical specimens with variations of headed anchor shapes of circle, hexagon, square and triangle and variations of headed anchor area of  $78.5$  mm<sup>2</sup> (without headed),  $236$  mm<sup>2</sup> (L1),  $412.7$  mm<sup>2</sup> (L2),  $628.8$  mm<sup>2</sup> (L3),  $1179$  mm<sup>2</sup> (L4) in normal concrete. The plain steel reinforcement used was 10 mm in diameter with a steel yield stress of ( $f_y$ ) 436 Mpa. The adhesive strength test used the pull-out test method. The data collected in this study were the maximum load when the reinforcement was pulled out, and the type of concrete collapse.

From the results of normal concrete research with variations in the shape and area of the headed anchor, the maximum adhesive stress value is obtained with a circular shape L1 of 18.08 MPa, a hexagon shape L1 of 16.29 MPa, with a square shape L1 of 15.06 MPa and with a triangular shape of 14.78. This is because the shape and area of the headed anchor affect the value of the adhesive stress, where it is found that the maximum adhesive stress is in the circular headed anchor shape with an area of L1, this shape is recommended because it is thought to have a small possibility of cracking in concrete compared to other headed anchor shapes that have sharp corners. This is also because the smallest area is thought to have the maximum adhesive stress value because it has received the maximum load when the tensile test is carried out, while the larger area is thought to have not received the maximum load so that the steel reinforcement first experiences plastic which causes the breakage of the steel reinforcement. From this study, three types of collapse were obtained, namely bonding failure, side face blowout, and anchor failure.

*Keywords: steel reinforcement, head shape, head area, normal concrete, bond stress.*

---

<sup>1</sup>Civil Engineering Student, University of Mataram

<sup>2</sup>First Supervisor

<sup>3</sup>Companion Supervisor

## PENDAHULUAN

Beton merupakan material yang sangat umum digunakan untuk komponen bangunan, dapat digunakan baik sebagai komponen struktural maupun non-struktural. Beton sangat banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Banyaknya beton digunakan dalam konstruksi membutuhkan upaya untuk menciptakan kualitas yang baik. Untuk memperbaiki cacat bahan bangunan, penelitian perlu dikhususkan untuk pekerjaan pengembangan teknis dengan serius.

Beton memiliki keunggulan dan kekurangan baik dalam kekuatan struktur maupun *workability* yang dimilikinya. Salah satu keunggulan yang menjadi sifat dasar beton adalah kuat tekan yang relatif kuat. Keunggulan lainnya dari beton yaitu mudah dibentuk dengan berbagai geometri sesuai kebutuhan yang diinginkan. Beton juga tahan terhadap *temperature* tinggi, tahan korosi, tahan terhadap perubahan iklim dan perawatannya yang mudah.

Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang berkerjasama untuk memikul beban yang ada. Salah satu dasar anggapan yang digunakan dalam perancangan dan analisis struktur beton bertulang ialah bahwa ikatan antara baja dan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi penggelinciran atau pergeseran. Berdasarkan atas anggapan tersebut dan juga sebagai akibat lebih lanjut, pada waktu komponen struktur beton bertulang bekerja menahan beban akan timbul tegangan lekat yang berupa *shear interlock* pada permukaan senggung antara batang tulangan dengan beton (Dipohusodo, 1994).

Tegangan lekat antara beton dan tulangan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ikatan antara hasil reaksi pengerasan beton akibat hidrasi semen yang merekatkan antara beton dan tulangan pada seluruh bidang kontak, tahanan geser terhadap gelinciran dan saling mengunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tegangan tarik. Mekanisme ini terbentuk karena adanya permukaan yang tidak beraturan pada bidang kontak antara beton dan tulangan. Selain pada faktor diatas tegangan lekat juga dipengaruhi oleh efek penjangkaran berupa panjang penjangkaran.

Penambatan atau penjangkaran akan berlangsung dengan baik apabila batang tulangan tersebut tertanam kokoh didalam beton pada jarak kedalaman tertentu yang disebut sebagai panjang penyaluran batang tulangan baja.

Kegagalan penjangkaran tulangan ada dua macam yaitu tercabutnya tulangan dari beton dan meleleh (putusnya) tulangan, hal ini ditentukan oleh kedalaman penjangkaran dan besarnya tekan beton dan baja. Hilangnya lekatan antara beton dan baja tulangan pada struktur mengakibatkan keruntuhan total pada balok. Untuk menghindari hal tersebut perlu ditinjau nilai kuat lekat beton dan baja tulangan agar diperoleh keseimbangan gaya antara baja tulangan dan beton, yaitu gaya-gaya yang dapat ditahan antara baja tulangan dan beton sama dengan gaya yang dapat ditahan baja tulangan pada batas leleh. Sehingga kegagalan sistem penjangkaran yang terjadi diupayakan berupa lelehnya tulangan baja bukan tercabutnya tulangan dari beton, agar keruntuhan daktail dapat terpenuhi (Hariyadi, 2016).

Kualitas dari suatu beton juga dapat mempengaruhi kuat lekat. Dimana mutu atau kualitas dari suatu beton ditentukan dari besarnya kuat tekan beton yang didapatkan, (Agil, 2017).

Penambahan kepala penjangkaran (*headed anchor*) dapat meningkatkan lekatan dan kelenturan pada beton. Desain *headed* yang digunakan mirip dengan *headed studs* dan terbuat dari bahan yang bisa dilas. Apabila pada kasus alas kolom tanpa penjangkaran berakibat beton tidak cukup kuat untuk menahan tegangan lekat, maka baja tulangan dapat dirancang sebagai kepala batang jangkar.

Pada mutu beton normal, kuat lekat mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya diameter *headed* ( Saputro Pristiyo, 2022 ). Hubungan kuat lekat dengan kedalaman penjangkaran pada beton mutu normal kuat lekat mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya variasi kedalaman penjangkaran ( Lalawiranti Yugi, 2022 ).

Penambahan *headed* dapat meningkatkan kualitas pada beton sehingga dapat mempengaruhi kuat lekatnya. *Headed* yang digunakan pada penelitian sebelumnya

menggunakan plat baja yang dibentuk lingkaran. Plat baja tersebut memungkinkan untuk dibuat ke bentuk – bentuk yang lain.

## TINJAUAN PUSTAKA

Beton adalah suatu komposit yang terbentuk dari agregat kasar, agregat halus, dan semen yang dapat juga diberi bahan tambahan bila perlu yang dipersatukan dengan air dengan perbandingan tertentu. Dari campuran tersebut memiliki peran dan fungsi yang berbeda. Kombinasi dari bentuk agregat harus dioptimalkan sehingga tidak terdapat banyak rongga pada beton.

Beton bertulang adalah kombinasi dari beton serta tulangan baja, yang bekerja secara bersama-sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja akan memberikan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Selain itu tulangan baja juga mampu memikul beban tekan, seperti digunakan pada elemen kolom beton (Setiawan, 2016).

Agar beton bertulang dapat berfungsi dengan baik sebagai bahan komposit dimana batang baja tulangan saling bekerja sama sepenuhnya dengan beton. Untuk menjamin hal ini perlu ada lekatan yang baik antara beton dengan tulangan, dan penutup beton yang cukup tebal. Baja tulangan dapat menyalurkan gaya sepenuhnya melalui ikatan baja di dalam beton hingga suatu kedalaman tertentu yang dinyatakan dengan panjang penyaluran (Vis dan Gideon, 1993).

Pada tulangan polos, lekatan yang terjadi merupakan adhesi kimia dan friksi antara permukaan tulangan dan beton yang mengelilinginya. Pada beban yang relative kecil tulangan *slip* terhadap beton sekelilingnya, selanjutnya hanya ada friksi yang mampu menahan lekatan antara beton dan tulangan dimana friksi tergantung pada kondisi permukaan tulangan (Park dan Pauly, 1975).

Saputro ( 2022 ) melakukan penelitian pemeriksaan lekatan dengan penambahan kepala penjangkaran pada ujung tulangan dengan diameter headed anchor yang bervariasi. Penelitian ini menggunakan benda uji silinder yang menunjukkan benda uji mengalami 3 pola keruntuhan yaitu bounding failure ( kegagalan ikatan ), side face blowout ( kegagalan pemisahan ) dan anchor failure. Nilai kuat lekat maksimum didapatkan pada diameter headed 40 mm dengan kuat lekat sebesar 15,61 MPa,

sedangkan kuat lekat minimum didapatkan pada diameter tanpa headed 10 mm dengan kuat lekat sebesar 4,481 MPa pada kuat tekan 25 MPa.

## Dasar Teori

Beton merupakan material konstruksi yang diperoleh dari percampuran pasir, krikil, batu pecah, semen, serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan ke dalam campuran tersebut dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat dari beton, yakni antara lain untuk meningkatkan workability, durability, serta waktu pengerasan beton (Setiawan, 2016).

Dengan menambahkan semen dan pengikat air secukupnya sebagai bahan pembantu untuk reaksi kimia selama pengerasan dan pengawetan beton, agregat halus dan kasar (yaitu: pasir, batu, kerikil atau bahan sejenis lainnya) dicampur bersama, untuk mendapatkan beton. (Dipohusodo, 1994).

Beton normal mengacu pada beton dengan berat isi 2200-2500 kg/m<sup>3</sup>, menggunakan agregat alami pecah atau tanpa pecah dan tanpa bahan tambahan.

## Kekuatan Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-2011 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. Tegangan tekan maksimum  $f'c$  dapat dirumuskan :

$$f'c = P/A \quad (1)$$

dengan :

$f'c$  = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

## Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah perbandingan tegangan normal terhadap tegangan tarik atau tegangan tekan lebih rendah dari batas rasio bahan (SNI 03-2847-2019). Modulus elastisitas suatu bahan mencerminkan kemampuan bahan untuk menahan gaya. Oleh karena itu modulus elastisitas beton merupakan fungsi dari kuat tekan beton. Modulus elastisitas beton dipengaruhi oleh jenis agregat, kelembaban sampel beton, faktor air semen, umur beton

dan temperatur. Secara umum, kuat tekan beton meningkat seiring dengan meningkatnya modulus elastisitasnya.

ASTM C469 (2010) memberikan rumus yang digunakan untuk menghitung modulus elastisitas beton secara eksperimen sebagai berikut :

$$E_c = \left( \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0,00005} \right) \quad (2)$$

Dengan :

$E_c$  = Nilai Modulus Elastisitas (MPa)

$S_1$  = Tegangan pada saat Regangan 0,00005 (MPa)

$S_2$  = Tegangan pada saat 40% dari Beban Maksimum (MPa)

$\varepsilon_2$  = Regangan pada saat  $S_2$

Menurut SNI 02-2847-2019, untuk berat isi beton ( $W_c$ ) antara 1440 sampai 2560  $\text{kg/m}^3$  modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus :

$$E_c = w_c^{1,5} 0,043 \sqrt{f'_c} \quad (3)$$

Dengan :

$E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa)

$W_c$  = Berat Volume Beton ( $\text{kg/m}^3$ )

$f'_c$  = Kuat Tekan Beton (MPa)

### Kekuatan Geser Beton

Kuat geser sulit untuk ditentukan secara eksperimental dibanding kuat mekanis lainnya karena kesulitan mengisolasi geser dari kuat lain. Kuat geser dari berbagai studi eksperimental menunjukkan variasi 20 hingga 85 persen dibandingkan dengan kuat tekan. (Nawy, 1998).

Kuat geser dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$F_{geser} = \frac{P}{bh} \quad (4)$$

Dengan :

$F_{geser}$  = kuat geser (MPa)

$P$  = beban maksimum (N)

$b$  = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

$h$  = lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

### Tulangan Baja

Tulangan baja yang biasanya berupa batang baja bulat, diletakkan di dalam beton, khususnya didaerah tarik yang timbul dari beban eksternal yang bekerja pada struktur beton. Mengingat beton kuat menahan tekan dan lemah menahan tarik, maka dalam

penggunaannya sebagai komponen struktur bangunan, umumnya beton diperkuat dengan tulangan yang mampu menahan gaya tarik.

Berdasarkan bentuknya, tulangan baja terdiri dari tulangan baja polos dan tulangan baja ulir. Baja tulangan ulir itu merupakan batang tulangan baja yang permukaannya dikasarkan secara khusus, diberi sirip teratur dengan pola tertentu.

### Kedalaman Penjangkaran

Menurut PBI (1997) dalam menentukan kedalaman penjangkaran pada penelitian ini yaitu mengacu pada Persamaan mencari kedalaman penjangkaran, dengan tegangan leleh baja yang didapat dari pengujian sebesar 328 MPa dan kuat lekat tulangan baja polos dari penelitian terdahulu sebesar 7,987 MPa (Agil, 2017). Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} l_d &= \frac{d_b f_y}{2\mu} \\ &= \frac{10 \times 328}{2 \times 7,987} \\ &= 205,334 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa prediksi awal tulangan baja putus pada saat uji lekat yaitu pada kedalaman penjangkaran 205,334 mm. Sedangkan pada hasil penelitian Lalawiranti (2022) didapatkan putusnya tulangan (anchor failure) pada kedalaman penjangkaran 100 mm sampai 200 mm. Sehingga pada penelitian ini digunakan kedalaman penjangkaran 75 mm untuk menghindari putusnya tulangan baja.

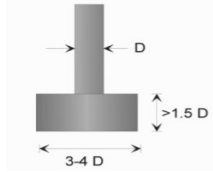
### Konfigurasi Dan Dimensi Penjangkaran (Anchor)

Jangkar ke beton terdiri dari baut-J, baut-L, batang baja dengan mur, atau batang baja dengan ring. Karena baut J dan L tidak lagi direkomendasikan untuk penjangkaran ke beton karena potensi slip pada beban servis. Batang berulir di kedua ujungnya, dengan mur di bagian bawah. Biasanya, mur dilas dengan paku jika jangkar dibuat dari bahan yang dapat dilas. Jika jangkar tidak dibuat dari bahan yang dapat dilas, dua mur dapat disediakan dan disatukan. Jika mur tunggal tidak cukup untuk memenuhi persyaratan ACI 318 Bagian D.5.3.4 untuk mencegah hancurnya beton, mur dapat diganti dengan pelat bundar berdiameter



lebih besar dengan ketebalan yang sesuai. (R. Eligehausen, R. Mallée and J. F. Silva, 2006).

Gambar 2.2 menunjukkan untuk diameter *anchor* yang direkomendasikan sebagai berikut:



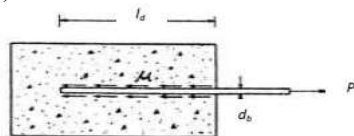
Gambar 1. Penghentian batang jangkar yang direkomendasikan.

### Konsep Dasar Lekatan Penjangkaran

Menurut Wang & Salmon (1986), bahwa berapapun jumlah luas tulangan yang disediakan, tulangan-tulangan akan terlepas keluar apabila tidak diankurkan atau dijangkarkan dengan memadai ke dalam beton. Untuk itu perlu penjangkaran sehingga gaya tarik yang timbul dapat ditahan oleh lekatan antara baja dan beton disekelilingnya.

Panjang penyaluran atau panjang penjangkaran adalah panjang minimal tulangan tertanam yang diperlukan untuk menahan gaya dari baja tulangan sampai kondisi tegangan mengalami kelelahan.

Berdasarkan Nawy (1988), percobaan *pull-out* dapat memberikan perbandingan yang baik antara efisiensi lekatan berbagai jenis permukaan tulangan dan panjang penjangkarannya (*embedment length*).



Gambar 2. Tegangan lekatan penjangkaran tarik.

Untuk menjamin lekatan antara baja tulangan dan beton tidak mengalami kegagalan, diperlukan adanya syarat panjang penjangkaran dengan menggunakan persamaan:

$$P = \mu \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b \quad (5)$$

Dimana nilai  $P = A \times f_y$ , maka didapat persamaan :

$$A \cdot f_y = \mu \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b \quad (6)$$

Dengan luas penampang tulangan adalah  $A = \frac{1}{4} \pi d_b^2$ , maka :

$$\frac{1}{4} \pi d_b^2 = \mu \cdot l_d \cdot \pi \cdot d_b$$

Sehingga tegangan lekat rata-ratanya :

$$\mu = \frac{d_b f_y}{4 l_d} \quad (7)$$

Pada PBI 1971 perbandingan panjang penyaluran tulangan baja polos terhadap panjang penyaluran tulangan baja ulir pada tegangan yang sama besar adalah faktor pengali dua, sehingga tegangan lekat rata-rata untuk tulangan baja polos didapat :

$$\mu = \frac{d_b f_y}{8 l_d} \quad (8)$$

Dengan :

P = Gaya Tarik (N)

$\mu$  = Tegangan Lekat (MPa)

$l_d$  = Panjang Penyaluran (mm)

$d_b$  = Diameter Tulangan (mm)

A = Luas Penampang Tulangan Baja ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = Tegangan Leleh Baja (MPa)

Untuk perhitungan panjang penyaluran berdasarkan persamaan umum dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{4 \mu} \quad (9)$$

Karena panjang penyaluran untuk tulangan baja polos dua kali panjang penyaluran ulir, maka panjang penyaluran tulangan baja polos dapat dihitung dengan persamaan :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{2 \mu} \quad (10)$$

Dalam SNI 03-2847-2019 panjang penyaluran untuk tulangan baja ulir dapat ditentukan dengan rumus :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{2,1 \sqrt{f'c}} \quad (11)$$

Karena panjang penyaluran untuk tulangan baja polos dua kali panjang penyaluran tulangan baja ulir, maka panjang penyaluran tulangan baja polos dapat ditentukan dengan rumus :

$$l_d = 2 \times \frac{d_b f_y}{2,1 \sqrt{f'c}} \quad (12)$$

Dalam SNI 2847-2019 jika terjadi putusannya tulangan atau runtuhnya beton dapat ditentukan dengan rumus :

$$P_{geser} = \tau \times k \phi \times l \quad (13)$$

$$P_{angkur} = f_{uta} \times A_s \quad (14)$$

Dimana  $A_s$  adalah luas penampang efektif angkur dalam  $\text{mm}^2$  dan  $f_{uta}$  diambil dari tegangan ultimit baja. Jika  $P_{angkur} > P_{geser}$

maka terjadinya kehancuran pada beton, jika  $P_{\text{angkur}} < P_{\text{geser}}$  maka tulangan tersebut akan putus.

Keruntuhan lekatan antara baja tulangan dan beton yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani TA, 2005):

1. *Pull Out Failure atau Slip* yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan komponen tegangan geser yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton.
2. Baja tulangan mencapai leleh yaitu apabila baja tulangan meleleh diikuti oleh kontraksi atau pengecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan atau bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton.

## **METODE PENELITIAN**

### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

### **Alat dan Bahan Penelitian**

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian berupa timbangan, ayakan atau saringan, mesin *siever*, nampan dan sikat, gelas ukur, piknometer, oven, mesin *los angeles* sebagai alat *grinding*, *slump test apparatus* (kerucut abrams), cetakan benda uji, alat *capping*, tongkat penumbuk, mesin uji tekan dan uji tarik belah (*compression testing machine*), mesin uji *pull-out*, peralatan penunjang lain yang dibutuhkan.

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa bahan yang digunakan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Semen portland tipe 1
- b) Agregat halus
- c) Agregat kasar
- d) Air

- e) Baja tulangan
- f) Plat baja

## **Tahapan Penelitian**

### **Tahap Persiapan**

Pada tahapan ini yaitu mengumpulkan bahan yang diperlukan, yaitu semen, pasir, dan agregat kasar. Untuk air yang digunakan adalah air bersih di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik.

### **Tahap Pengujian Bahan**

Jenis bahan yang akan diuji untuk keperluan penelitian ini yaitu pasir dan kerikil. Pemeriksaan agregat ini dilakukan untuk mengetahui kondisi jenuh kering muka atau SSD (*Saturated Surface Dry*), berat satuan, berat jenis, penyerapan air, kadar lumpur dan gradasi.

### **Kebutuhan Benda Uji**

Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm untuk pengujian kuat tekan dan 200 mm x 300 mm untuk pengujian kuat lekat, sedangkan *double L* ukuran 300 mm x 200 mm x 75 mm untuk pengujian kuat geser. Adapun kebutuhan benda uji berbentuk silinder untuk pengujian kuat lekat berjumlah 51 buah dengan kedalaman penjangkaran 75 mm dan untuk pengujian kuat tekan berjumlah 3 buah, sedangkan untuk uji geser berjumlah 3 buah dan sebagai kontrol berjumlah 3 buah dengan tulangan tanpa *headed* pada kedalaman 75 mm.

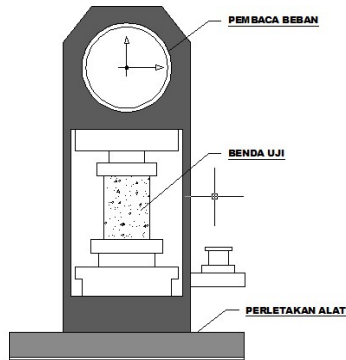
### **Perawatan Benda Uji**

Perawatan benda uji adalah suatu upaya untuk menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab. Pengolahan benda uji beton dapat dilakukan dengan cara beton dibasahi secara terus menerus, beton direndam dalam air dan beton dilindungi dengan karung basah. Pada penelitian ini metode perawatan benda uji beton normal dilakukan dengan merendam benda uji di dalam air selama 28 hari.

### **Pengujian benda Uji**

#### **Pengujian Kuat Tekan Beton dan Modulus Elastisitas**

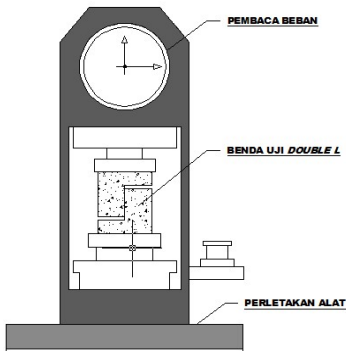
Pelaksanaan pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Maksud dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat tekan beton dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine*.



Gambar 3 Sketsa pengujian kuat tekan beton.

### Pengujian Kuat Geser Beton

Pelaksanaan pengujian kuat geser dilakukan setelah beton berumur 28 hari dengan benda uji berbentuk double L berukuran 300 x 200 x 75 mm. Balok *double L* diletakkan pada alat *Compression Testing Machine*. Pembacaan beban dilakukan pada beban maksimum sampai balok tersebut runtuh.

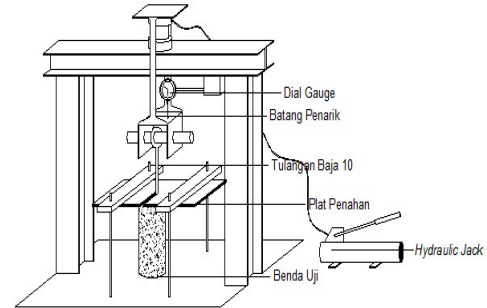


Gambar 4 Sketsa pengujian kuat geser.

### Pengujian Kuat Lektan

Pengujian kuat lekat (*bond strength*) dilakukan dengan cara menempatkan benda uji beton pada loading frame yang dilengkapi dengan hydraulic jack dan load cells, kemudian batang tulangan yang tertanam pada benda uji ditarik sampai tercabut (Pull-Out Test). Panjang tulangan

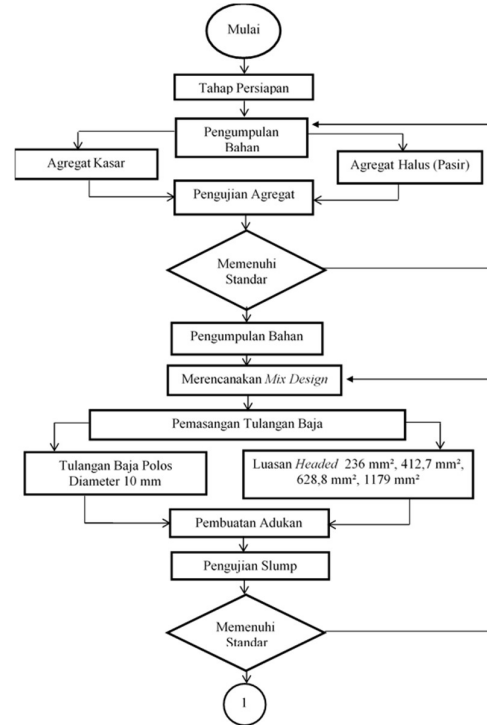
yang tertanam yaitu 75 mm. Untuk variasi luasan headed yang digunakan yaitu 78,5 mm<sup>2</sup>, 236 mm<sup>2</sup>, 412,7 mm<sup>2</sup>, 628,8 mm<sup>2</sup> dan 1179 mm<sup>2</sup> dengan diameter tulangan baja 10 mm. Pengujian ini dilakukan terhadap benda uji yang telah berumur 28 hari dengan cara menarik baja tulangan yang tertanam pada silinder beton.

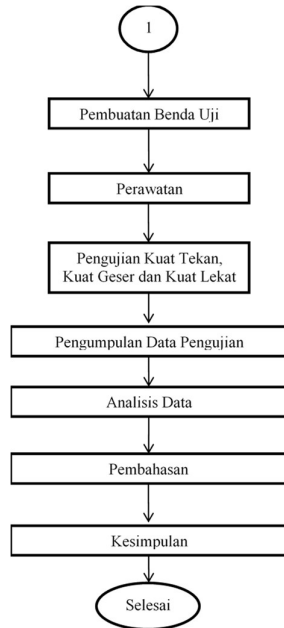


Gambar 5 Sketsa pengujian tegangan lekat beton.

### Bagan Alir Penelitian

Untuk mempermudah proses penelitian, berikut disajikan beberapa proses dari penelitian ini:





Gambar 6 Bagan alir penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan bahan di Laboratorium, bahan beton seperti pasir dan kerikil memenuhi syarat sebagai bahan penyusun beton.

### Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja tulangan baja ini dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan baja pada saat mengalami kondisi leleh dan kondisi maksimum. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *UTM (Universal Testing Machine)*. Hasil pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Hasil pengujian kuat tarik tulangan baja.

No	Diameter (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	Kalibrasi Alat	P (N)	Tegangan Leleh (N/mm <sup>2</sup> )	p (N)	Tegangan Maksimum (N/mm <sup>2</sup> )
1	9,06	64,47	1,17	24650	448	37160	675
2	9,29	67,78	1,17	24410	422	36790	636
3	9,21	66,62	1,17	24930	438	37260	655
		Rata-Rata			436		656

Dari tabel tersebut menunjukkan baja tulangan mengalami tegangan leleh rata-rata sebesar 436 Mpa dan 656 Mpa untuk tegangan maksimum.

### Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu didukung oleh silinder beton. Dari penelitian ini didapatkan rata-rata kuat tekan beton normal sebesar 25,643 Mpa lebih besar dari kuat tekan yang disyaratkan yaitu 25 Mpa dengan selisih sebesar 0,643 Mpa, dalam hal ini kuat tekan yang dihasilkan mendekati kuat tekan yang direncanakan.

### Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilaksanakan bersamaan dengan pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan *dial gauge*. Hasil yang tercatat pada pengujian ini dengan membaca berapa beban yang bekerja dan berapa besar penurunan yang terjadi pada benda uji sampai menyebabkan benda uji hancur atau runtuh. Nilai rata-rata modulus elastisitas yang didapat pada penelitian ini sebesar 21345,545 MPa.

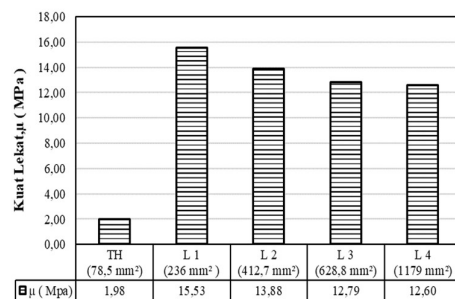
### Pengujian Kuat Geser

Pengujian kuat geser beton dilakukan dengan menggunakan *Compression Testing Machine* setelah benda uji berumur 28 hari dengan ukuran benda uji 30 cm x 20 cm x 7,5 cm. Pada penelitian ini didapatkan nilai rata-rata kuat geser beton normal sebesar 8,395 Mpa.

### Pengujian Kuat Lekat Beton

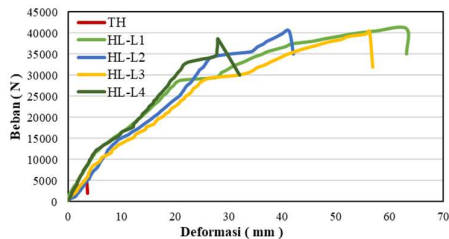
#### Variasi Luasan Penjangkaran *Headed* Bentuk Lingkaran

Hasil pengujian kuat lekat beton *headed anchor* bentuk lingkaran.



Gambar 7 Hasil pengujian tegangan lekat *headed anchor* bentuk lingkaran.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan lekat dari kedalaman penjangkaran 75 mm dengan luasan tanpa headed ke luasan 1 benda uji mengalami kenaikan tegangan lekat yang cukup signifikan, sedangkan dari luasan 1 sampai luasan 4 benda uji mengalami penurunan nilai tegangan lekat. Pada saat nilai Pgeser lebih besar dari Pangkur benda uji akan mengalami putusnya tulangan sedangkan saat nilai Pgeser lebih kecil dari Pangkur maka akan terjadi potensi keretakan pada beton. Sehingga pada luasan 1 dan luasan 2 headed diduga belum mengalami putusnya tulangan baja, kemudian pada luasan 3 dan luasan 4 headed mengalami putusnya tulangan ( anchor failure ). Hal ini disebabkan oleh bertambahnya ukuran luasan headed yang diduga dapat menahan beton dengan kuat saat beton tersebut ditarik. Oleh karena itu pada headed luasan 2 sampai luasan 4 baja tulangan diduga putus akibat dari beton yang lebih kuat menahan baja tulangan saat beton diberikan beban tarik. Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton mutu normal dengan menggunakan penjangkaran headed bentuk lingkaran dapat dilihat pada Gambar 8.



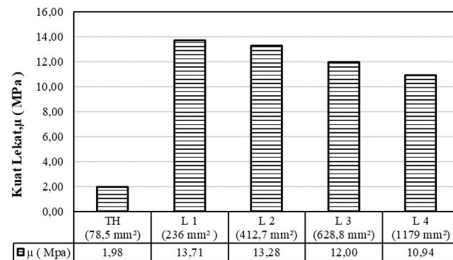
Gambar 8 Hubungan beban-deformasi beton normal variasi luasan penjangkaran *headed* bentuk lingkaran.

Berdasarkan Gambar 8 memperlihatkan bahwa beban maksimum pada saat tegangan baja luluh yang didapatkan pada setiap luasan headed berbeda-beda. Pada luasan tanpa headed dan penjangkaran headed luasan 1 beban maksimum dan deformasi yang didapatkan memiliki perbedaan yang sangat signifikan.

Untuk penjangkaran headed luasan 1 sampai dengan headed luasan 2 beban yang dihasilkan memiliki perbedaan yang tidak signifikan dengan perbedaan deformasi yang signifikan. Sedangkan dari penjangkaran headed luasan 2 sampai luasan 3 beban yang dihasilkan memiliki perbedaan yang tidak signifikan dengan perbedaan deformasi yang signifikan. Pada penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 beban maksimum yang dihasilkan memiliki perbedaan yang tidak signifikan dengan perbedaan deformasi yang signifikan, hal ini disebabkan karena penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 memiliki penahan yang kuat sehingga beban yang ditahan memiliki nilai yang hampir sama. Pada luasan tanpa *headed* nilai regangan yang didapatkan sangat rendah, dikarenakan baja tulangan tercabut lebih dulu pada saat diberikan beban yang rendah sehingga belum sampai mendapatkan beban yang membuat tulangan mengalami leleh, hal ini yang menyebabkan regangan yang terbaca belum terlalu besar karena kondisi baja tulangan lebih dulu tercabut.

### Variasi Luasan Penjangkaran *Headed* Bentuk Segi Enam

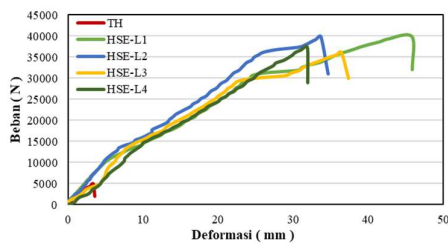
Hasil pengujian kuat lekat beton *headed anchor* bentuk segi enam.



Gambar 9 Hasil pengujian tegangan lekat *headed anchor* bentuk segi enam.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan lekat dari kedalaman penjangkaran 75 mm dengan luasan tanpa headed ke penjangkaran headed luasan 1 mengalami kenaikan yang sangat tinggi. Sedangkan dari penjangkaran headed luasan 2 sampai penjangkaran headed luasan 4 nilai tegangan lekat mengalami penurunan yang tidak terlalu berbeda jauh. Pada pengujian

tegangan lekat ini, didapatkan bahwa headed luasan 2 sampai headed luasan 4 mengalami putusnya tulangan, selain karena nilai Pgeser lebih besar dari Pangkur, hal ini juga diduga karena pada pengujian ini kualitas baja tulangan yang digunakan mengalami penurunan yang disebabkan saat proses pengelasan baja dilakukan. Sehingga menyebabkan baja tulangan lebih dulu mengalami putus saat beton diberikan beban tarik. Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton mutu normal dengan menggunakan penjangkaran headed bentuk segi enam dapat dilihat pada Gambar 10.

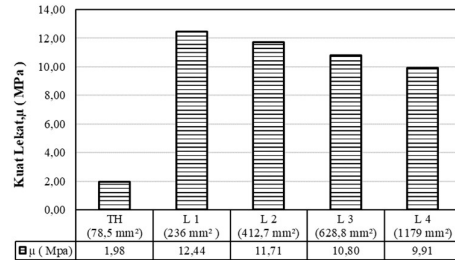


Gambar 10 Hubungan beban-deformasi beton normal variasi luasan penjangkaran *headed* bentuk segi enam.

Berdasarkan Gambar 10 memperlihatkan bahwa beban maksimum pada saat tegangan baja luluh yang didapatkan pada setiap luasan headed berbeda-beda. Pada luasan tanpa headed dan penjangkaran headed luasan 1 beban maksimum yang mengalami kenaikan yang sangat drastis dan deformasi yang didapatkan memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Pada penjangkaran headed luasan 1 sampai dengan headed luasan 2 beban yang tidak signifikan dan deformasi yang dihasilkan memiliki perbedaan yang signifikan. Sedangkan dari penjangkaran headed luasan 2 sampai headed luasan 3 memiliki nilai beban dan deformasi yang tidak signifikan. Sedangkan penjangkaran headed luasan 3 sampai headed luasan 4 beban maksimum dan deformasi yang dihasilkan memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan, hal ini disebabkan karena penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 memiliki penahan yang cukup kuat sehingga beban yang ditahan memiliki nilai yang hampir sama.

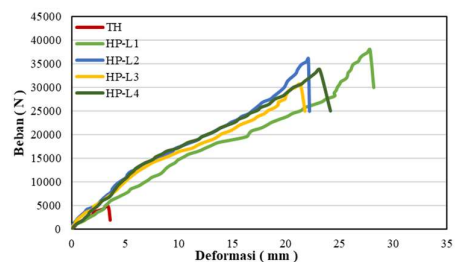
## Variasi Luasan Penjangkaran *Headed* Bentuk Persegi

Hasil pengujian kuat lekat beton *headed anchor* bentuk persegi.



Gambar 11 Hasil pengujian tegangan lekat beton variasi luasan penjangkaran *headed* bentuk persegi.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan lekat dari kedalaman penjangkaran 75 mm dengan luasan tanpa headed ke penjangkaran headed luasan 1 mengalami kenaikan yang sangat signifikan, lalu dari penjangkaran headed luasan 2 ke penjangkaran headed luasan 3 mengalami penurunan nilai tegangan lekat. Pada penjangkaran headed luasan 3 ke penjangkaran headed luasan 4 mengalami penurunan nilai tegangan lekat yang tidak jauh berbeda. Pada headed luasan 2 sampai headed luasan 4 benda uji diduga mengalami putusnya tulangan baja, hal ini dikarenakan luasan headed tersebut memiliki ukuran yang lebih besar, sehingga menyebabkan baja tulangan lebih dulu putus akibat beton yang terlalu kuat menahan baja tulangan saat diberikan beban tarik. Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton mutu normal dengan menggunakan penjangkaran headed bentuk persegi dapat dilihat pada Gambar 12.

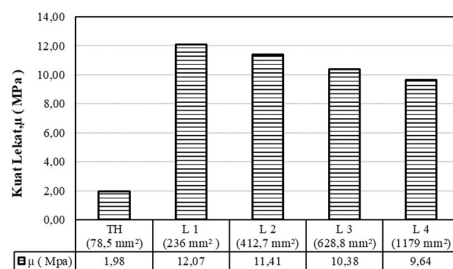


Gambar 12 Hubungan beban-deformasi beton normal variasi luasan penjangkaran *headed* bentuk persegi.

Berdasarkan Gambar 12 memperlihatkan bahwa beban maksimum pada saat tegangan baja luluh yang didapatkan pada setiap luasan headed berbeda-beda. Pada luasan penjangkaran tanpa headed dan penjangkaran headed luasan 1 beban maksimum dan deformasi yang didapatkan memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Pada penjangkaran headed luasan 1 sampai dengan penjangkaran headed luasan 2 beban dan deformasi yang dihasilkan memiliki perbedaan yang tidak begitu signifikan. Sedangkan dari penjangkaran headed luasan 2 sampai headed luasan 3 memiliki nilai beban dan deformasi yang hampir sama. Saat penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 beban maksimum dan deformasi yang dihasilkan memiliki perbedaan nilai yang tidak begitu signifikan, hal ini disebabkan karena penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 memiliki penahan yang cukup kuat sehingga beban yang ditahan memiliki nilai yang hampir sama.

### Variasi Luasan Penjangkaran Headed Bentuk Segitiga

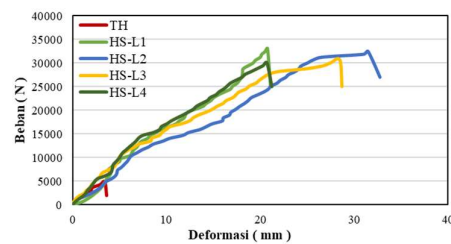
Hasil pengujian kuat lekat beton headed anchor bentuk segitiga.



Gambar 13 Hasil pengujian tegangan lekat beton variasi luasan penjangkaran headed bentuk segitiga.

Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan lekat dari kedalaman penjangkaran 75 mm dengan luasan tanpa headed ke penjangkaran headed luasan 1 mengalami kenaikan yang cukup signifikan, lalu dari penjangkaran headed luasan 2 ke penjangkaran headed luasan 3 mengalami penurunan nilai tegangan lekat. Pada penjangkaran headed luasan 3 ke penjangkaran headed luasan 4 mengalami

penurunan nilai tegangan lekat yang tidak berbeda jauh. Pada penelitian ini diduga headed bentuk segitiga luasan 1 mengalami kehancuran pada beton, hal ini diduga disebabkan oleh sudut-sudut tajam yang dimiliki pada headed anchor bentuk segitiga. Sedangkan pada saat luasan 2 sampai luasan 4 benda uji mengalami putusnya tulangan diduga karena beton lebih kuat menahan headed saat beban tarik diberikan. Untuk grafik hubungan antara beban-deformasi pada beton mutu normal dengan menggunakan penjangkaran headed bentuk segitiga dapat dilihat pada Gambar 14.

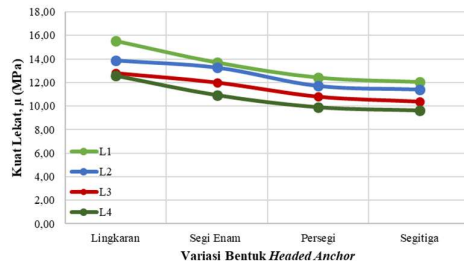


Gambar 14 Hubungan beban-deformasi beton normal variasi luasan penjangkaran headed bentuk segitiga.

Berdasarkan Gambar 14 memperlihatkan bahwa beban maksimum pada saat tegangan baja luluh yang didapatkan pada setiap luasan headed berbeda-beda. Pada luasan tanpa headed dan penjangkaran headed luasan 1 beban maksimum dan deformasi yang didapatkan memiliki perbedaan yang sangat signifikan. Lalu pada penjangkaran headed luasan 1 sampai dengan headed luasan 2 beban yang dihasilkan memiliki perbedaan yang sedikit signifikan dengan perbedaan deformasi yang signifikan. Sedangkan dari penjangkaran headed luasan 2 sampai headed luasan 3 beban dan deformasi yang dihasilkan memiliki perbedaan yang sedikit signifikan. Sedangkan penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 beban maksimum dan deformasi yang dihasilkan memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan, hal ini disebabkan karena penjangkaran headed luasan 3 sampai 4 memiliki penahan yang kuat sehingga beban yang ditahan memiliki nilai yang hampir sama.

### Hubungan Teganga Lekat dengan Bentuk *Headed Anchor*

Bentuk *headed anchor* adalah salah satu hal yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan baja hingga baja tersebut mengalami tegangan luluh, bentuk *headed anchor* dapat menahan beton ketika mengalami uji tarik dimana beton tersebut akan mengalami lekatan pada baja. Berikut grafik hubungan antara tegangan lekat dengan bentuk *headed anchor*.



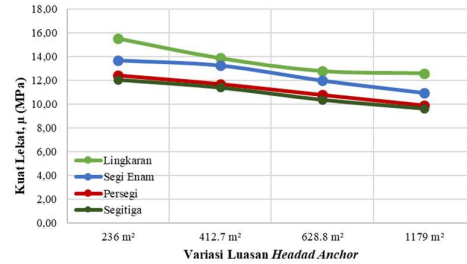
Gambar 15 Hubungan tegangan lekat dengan bentuk *headed anchor*.

Pada beton normal dengan variasi bentuk *headed anchor* ini, tegangan lekat terbesar didapatkan pada saat *headed anchor* berbentuk lingkaran, sedangkan pada *headed anchor* berbentuk segitiga didapatkan nilai tegangan lekat terkecil. Hal ini disebabkan karena pada *headed anchor* yang memiliki sudut – sudut yang tajam diduga berpotensi lebih dulu mengalami keretakan pada beton yang menyebabkan berkurangnya nilai tegangan lekat. Sedangkan pada *headed anchor* berbentuk lingkaran diduga dapat mencegah hancurnya beton karena tidak memiliki sudut tajam dan memiliki distribusi tegangan tarik yang dihasilkan terakumulasi merata di sekeliling *headed*, oleh karena itu bentuk *headed anchor* ini memiliki nilai tegangan lekat yang paling besar dibandingkan dengan bentuk *headed anchor* lainnya.

### Hubungan Teganga Lekat dengan Bentuk *Headed Anchor*

Luasan *headed anchor* adalah salah satu hal yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan baja hingga baja tersebut mengalami tegangan luluh, luasan *headed anchor* ini dapat menahan beton ketika mengalami uji tarik dimana beton

tersebut akan mengalami lekatan pada baja. Berikut grafik hubungan antara tegangan lekat dengan luasan *headed anchor*.



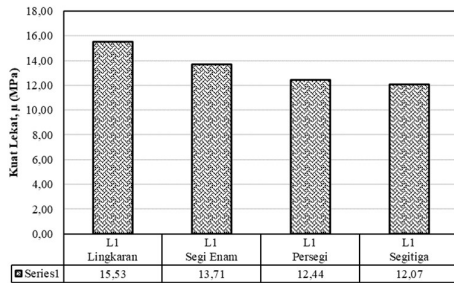
Gambar 16 Hubungan tegangan lekat dengan luasan *headed anchor*.

Pada beton normal dengan variasi luasan *headed anchor* ini tegangan lekat maksimum terjadi pada *headed anchor* luasan L1 dan tegangan lekat minimum terjadi pada *headed anchor* luasan L4. Hal ini disebabkan karena pada saat luasan *headed* L1 beban yang didapatkan diduga sudah optimal, sehingga mendapatkan hasil tegangan lekat yang maksimum. Sedangkan saat luasan *headed* diperbesar diduga dapat lebih kuat menahan gaya tarik pada beton saat diberikan beban, yang menyebabkan terjadinya plastis pada tulangan baja. Sehingga semakin besar luasan *headed* yang digunakan peranan *headed* belum membeikan kontribusi menahan beban secara maksimal karena tulangan lebih dulu mengalami putus.

### Hubungan Variasi Bentuk dan Luasan *Headed Anchor* Terhadap tegangan Lekat Maksimum

Bentuk dan luasan *headed anchor* adalah salah satu hal yang diperlukan untuk mengembangkan tegangan baja hingga baja tersebut mengalami tegangan luluh, bentuk dan luasan *headed anchor* ini dapat menahan beton ketika mengalami uji tarik dimana beton tersebut akan mengalami lekatan pada baja. Berikut gambar diagram hubungan bentuk dan luasan *headed anchor* dengan tegangan lekat maksimum.





Gambar 17 Hubungan bentuk dan luasan *headed anchor* dengan tegangan lekat maksimum.

Pada beton normal dengan variasi bentuk dan luasan *headed anchor* didapatkan nilai tegangan lekat maksimum dengan bentuk lingkaran L1 sebesar 18,08, bentuk segi enam L1 sebesar 16,29, dengan bentuk persegi L1 sebesar 15,06 dan dengan bentuk segitiga sebesar 14,78. Hal ini dikarenakan bentuk dan luasan *headed anchor* mempengaruhi nilai tegangan lekat, dimana didapatkan tegangan lekat maksimum berada pada *headed anchor* bentuk lingkaran dengan luasan L1, bentuk ini direkomendasikan karena diduga memiliki kemungkinan kecil untuk mengalami keretakan pada beton dibandingkan dengan bentuk *headed anchor* lainnya yang memiliki sudut tajam. Hal ini juga diakibatkan pada luasan terkecil ( dalam hal ini luasan *headed anchor* L1 ) diduga memiliki nilai tegangan lekat yang maksimum dikarenakan sudah mendapatkan beban maksimal pada saat pengujian tarik dilakukan, sedangkan pada luasan yang lebih besar ( dalam hal ini luasan *headed anchor* L2, L3 dan L4 ) diduga belum memberikan kontribusi beban yang maksimal sehingga tulangan baja lebih dulu mengalami plastis yang menyebabkan putusannya tulangan baja.

### Ragam Keruntuhan

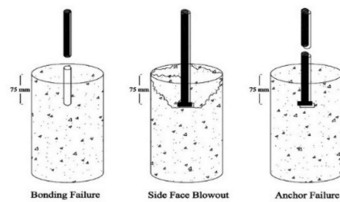
Tabel 2 Pola keruntuhan beton variasi bentuk dan luasan *headed anchor*.

Bentuk <i>headed anchor</i>	Bentuk dan luasan <i>headed anchor</i>	Keterangan
Tanpa <i>headed</i>	TH I	<i>Bonding Failure</i>
	TH II	<i>Bonding Failure</i>
	TH III	<i>Bonding Failure</i>

Headed Lingkaran	BLL1 I	<i>Side Face Blowout</i>
	BLL1 II	<i>Side Face Blowout</i>
	BLL1 III	<i>Side Face Blowout</i>
	BLL2 I	<i>Side Face Blowout</i>
	BLL2 II	<i>Side Face Blowout</i>
	BLL2 III	<i>Side Face Blowout</i>
	BLL3 I	<i>Anchor Failure</i>
	BLL3 II	<i>Anchor Failure</i>
	BLL3 III	<i>Anchor Failure</i>
	BLL4 I	<i>Anchor Failure</i>
	BLL4 II	<i>Anchor Failure</i>
	BLL4 III	<i>Anchor Failure</i>
Headed Segi enam	BSEL1 I	<i>Side Face Blowout</i>
	BSEL1 II	<i>Side Face Blowout</i>
	BSEL1 III	<i>Side Face Blowout</i>
	BSEL2 I	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL2 II	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL2 III	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL3 I	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL3 II	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL3 III	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL4 I	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL4 II	<i>Anchor Failure</i>
	BSEL4 III	<i>Anchor Failure</i>
Headed Persegi	BPL1 I	<i>Side Face Blowout</i>
	BPL1 II	<i>Side Face Blowout</i>
	BPL1 III	<i>Side Face Blowout</i>
	BPL2 I	<i>Anchor Failure</i>
	BPL2 II	<i>Anchor Failure</i>
	BPL2 III	<i>Anchor Failure</i>
	BPL3 I	<i>Anchor Failure</i>
	BPL3 II	<i>Anchor Failure</i>
	BPL3 III	<i>Anchor Failure</i>
	BPL4 I	<i>Anchor Failure</i>
	BPL4 II	<i>Anchor Failure</i>
	BPL4 III	<i>Anchor Failure</i>
Headed Segitiga	BSL1 I	<i>Side Face Blowout</i>
	BSL1 II	<i>Side Face Blowout</i>
	BSL1 III	<i>Side Face Blowout</i>
	BSL2 I	<i>Anchor Failure</i>
	BSL2 II	<i>Anchor Failure</i>
	BSL2 III	<i>Anchor Failure</i>
	BSL3 I	<i>Anchor Failure</i>
	BSL3 II	<i>Anchor Failure</i>
	BSL3 III	<i>Anchor Failure</i>
	BSL4 I	<i>Anchor Failure</i>
	BSL4 II	<i>Anchor Failure</i>
	BSL4 III	<i>Anchor Failure</i>

Berdasarkan pada tabel pola keruntuhan, didapatkan 3 pola keruntuhan pada penelitian kali ini, untuk variasi bentuk dan luasan *headed anchor* yaitu *bonding failure* (kegagalan ikatan) yaitu dimana kondisi baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak pada permukaan yang memecah lekatan antara baja tulangan dengan beton. Untuk *side face blowout* (kegagalan pemisahan) yaitu terjadinya *pull-out test* beton tidak mampu menahan beban yang diberikan sehingga material di dalam beton sudah hancur duluan sebelum tulangan putus atau tercabut dari beton. Dan

untuk *anchor failure* (tulangan putus) diakibatkan karena tulangan sudah luluh dan tidak terjadi retakan pada beton.



Gambar 18 Pola ragam keruntuhan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Hubungan antara tegangan lekat dengan bentuk penjangkaran headed anchor ini diperoleh bahwa bentuk headed anchor lingkaran memiliki nilai tegangan lekat yang paling tinggi, diikuti oleh bentuk headed anchor segi enam, headed anchor persegi dan terakhir bentuk headed anchor segitiga yang memiliki nilai tegangan lekat yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena bentuk lingkaran memiliki distribusi tegangan yang merata dibandingkan bentuk lainnya yang memiliki sudut-sudut tajam yang menyebabkan terjadinya pemusatan distribusi tegangan dan juga memiliki potensi yang lebih besar mengalami retakan lebih dulu. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin lancip bentuk headed anchor yang digunakan maka nilai tegangan lekat akan mengalami penurunan.
2. Hubungan antara tegangan lekat dengan luasan penjangkaran headed anchor ini didapatkan bahwa luasan L1 memiliki nilai tegangan lekat paling besar dan luasan L4 memiliki nilai tegangan lekat paling kecil. Pada rumus tegangan, dapat dilihat bahwa tegangan lekat berbanding terbalik dengan luasan, sehingga semakin besar luasan yang digunakan maka nilai tegangan lekat akan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada saat luasan headed anchor diperbesar, peranan headed anchor belum atau tidak berkontribusi menahan beban secara maksimal karena lebih dulu mengalami putus tulangan.

3. Hubungan variasi bentuk dan luasan headed anchor didapatkan bahwa tegangan lekat maksimum berada pada bentuk lingkaran dengan luasan L1. Hal ini dikarenakan bentuk lingkaran memiliki distribusi tegangan yang merata dibandingkan bentuk yang lainnya lingkaran juga tidak memiliki sudut lancip sehingga dapat mengurangi potensi retak maupun kehancuran pada beton. Pada bentuk headed anchor lainnya memiliki pemusatan distribusi tegangan dikarenakan memiliki sudut-sudut yang tajam atau lancip. Sedangkan untuk luasan L1 memiliki nilai tegangan lekat maksimum karena sudah mendapatkan beban yang maksimal saat pengujian tarik dilakukan namun pada luasan lainnya belum atau tidak mendapatkan kontribusi sebab yang maksimal.
4. Pada penelitian variasi bentuk dan luasan headed anchor didapatkan 3 pola keruntuhan, yaitu *bonding failure* (kegagalan ikatan) yaitu dimana kondisi baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak pada permukaan yang memecah lekatan antara baja tulangan dengan beton. Untuk *side face blowout* (kegagalan pemisahan) yaitu terjadinya *pull-out test* beton tidak mampu menahan beban yang diberikan sehingga material di dalam beton sudah hancur duluan sebelum tulangan putus atau tercabut dari beton. Dan untuk *anchor failure* (tulangan putus) diakibatkan karena tulangan sudah luluh dan tidak terjadi retakan pada beton.

### Saran

1. Pada penelitian tegangan lekat tulangan baja selanjutnya dapat menggunakan variasi mutu beton yang lebih rendah.
2. Penelitian lebih lanjut mengenai tegangan lekat tulangan baja dengan mengganti tulangan baja polos dengan tulangan baja ulir.
3. Penelitian lebih lanjut mengenai tegangan lekat tulangan baja menggunakan dimensi kepala penjangkaran dengan keliling headed anchor yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011, *SNI 03-1974-2011 Cara Uji Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2012, *SNI 7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2019, *SNI 03-2847-2019 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C469, 2010 *Standart Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*.
- Dipohusodo, I., 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia.
- Eligehausen, R.; Mallée, R.; and Silva, F, J. (2006) : *Anchorage in Concrete Construction, First edition*. Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published 2006 Ernst & Sohn GmbH & Co. KG (in German).
- Eligehausen, R.; Mallée, R.; Rehm, G. (1997): *Befestigungstechnik (Fixing-technology)*. Betonkalender 1997, Part II, Ernst & Sohn, 1997, pp. 609–753 (in German).
- Lalawiranti, Adinda Yugi., 2022. *Pengaruh Variasi Kedalaman Penjangkaran Headed Anchor Terhadap Perilaku Lekatan Pada Beton Normal, Beton Ringan, dan Mutu Tinggi*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Lukito, I.C., 2011. *Studi Perilaku Kuat Geser Pada Beton dengan Menggunakan Serat Kawat Bendrat*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Nawy, E.G., (alih bahasa : Bambang Suryatmojo), 1998, *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Refika Aditama, Bandung.
- Nuryani, TA. 2005. *Pengaruh Rasio Tulangan Pada Berbagai Mutu Beton Terhadap Penguatan Tarik Baja Tulangan Beton Bertulang (Tension Stiffening Effect)*. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Park, R. and Pauly, T., 1975. *Reinforced Concrete Structures*. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Saputro, A. R. P., 2022. *Pengaruh Variasi Diameter Penjangkaran Headed Anchor Terhadap Perilaku Lekatan Pada Beton Normal, Beton Ringan, dan Mutu Tinggi*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Setiawan, A, 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Tjokrodinuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Jogjakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil UGM.
- Tumiwa, B., 2016, *Pemeriksaan Tegangan Lekatan antara Baja dan Beton dengan Kuat Tekan 40 MPa*. Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Vis W.C & Kusuma Gideon., 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.
- Wang, C.K & Salmon, C.G., (alih bahasa : Binsar Hariandja), 1986, *Desain Beton Bertulang, Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.