ISSN : 2460-335X
e-ISSN: 2686-6587

PEMODELAN DAN ANALISIS PERILAKU *PULL OUT* PADA HUBUNGAN LEKATAN PADA BALOK DAN TULANGAN

Fifi Silviyani[1], Wachid Hasyim[2*]

[12] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213
**Email*: wachidhasyim@unwir.ac.id

Abstract

In this study, normal concrete and ultra high performance concrete (UHPC) were used as test objects in the form of beams measuring 400x250x1000 with variations in reinforcement length (ld) namely 200 mm, 300 mm, 400 mm and 500 mm, diameter 16 mm with a tensile force of 10 tons, 20 tons and 50 tons. This research is in the form of stress analysis using the LISA-FEA application program. The results show that the greatest bonding stress in Ultra High Performance Concrete with a tensile force of 15.35 MPa at a reinforcement length of 300mm and a tensile force of 50 tons is the most effective distribution length in resisting the tensile load (Pull Out). The stress value is influenced by the length of the modeling reinforcement plan and the tensile strength of the resulting reinforcement in the modeling.
Keywords : Normal, UHPC, Beam, LISA-FEA, Stress

Abstrak

Pada penelitian ini digunakan beton Normal dan beton *Ultra High Performence Concrete* (UHPC) sebagai benda uji berupa balok berukuran 400x250x1000 dengan variasi panjang tulangan (*ld*) yaitu 200 mm, 300 mm, 400 mm dan 500 mm, diameter 16 mm dengan gaya tarik sebesar 10 ton, 20 ton dan 50 ton. Penelitian ini berupa analisis tegangan dengan program aplikasi *LISA-FEA.* Hasil penelitian menujukkan bahwa tegangan lekat yang terbesar pada beton *Ultra High Performence Concrete* dengan gaya tarik sebesar 15,35 MPa pada panjang tulangan 300mm dan gaya Tarik 50 ton merupakan panjang penyaluran yang paling efektif dalam menahan beban tarik (*Pull Out*). Nilai tegangan dipengaruhi oleh panjang tulangan rencana pemodelan dan kuat tarik pada tulangan yang dihasilkan dalam pemodelan tersebut.
Kata kunci : Normal, UHPC, Balok, LISA-FEA, Tegangan

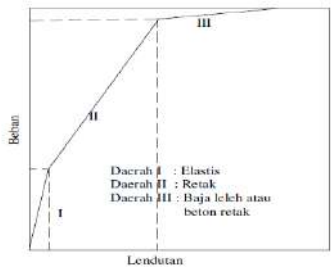
I. PENDAHULUAN

Beton mempunyai kemampuan gaya tekan yang kuat tetapi lemah dalam menahan gaya tarik. Untuk keseimbangan gaya pada beton maka dipasang tulangan baja sehingga menambah kemampuan dalam menahan gaya tarik pada daerah yang mengalami tarik.

Tulangan dan beton dapat bekerja sama dengan faktor lekatan (adhesi) antara beton dan permukaan tulangan. Daya lekat (tegangan lekat) akan dipengaruhi oleh kualitas dari beton itu sendiri. Pada perencanaan balok banyak kemungkinan variasi panjang penyaluran.Variasi panjang penyaluran yang berbeda dapat berpengaruh terhadap kekuatan lekatan dalam menerima gaya yang bekerja pada balok tersebut [2].

Penelitian ini menggunakan program bantu *LISA FEA 8.0* [1] untuk mendapatkan nilai tegangan lekat antara baja tulangan dan beton normal 30 MPa dan beton UHPC 150 MPa dan beban tarik sebesar 50 ton, 20 ton dan 10 ton dengan panjang tulangan (*ld*) 200mm, 300mm, 400mm, dan 500mm.

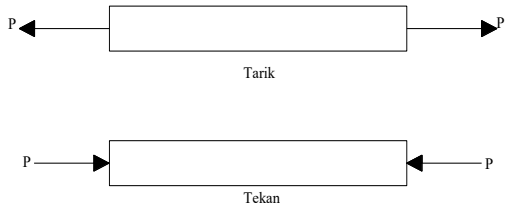
Balok beton dapat mengalami retak ketika menahan momen lentur [5]. Perilaku keruntuhan balok beton seperti pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Keruntuhan balok beton bertulang

ISSN : 2460-335X
e-ISSN: 2686-6587

Tegangan adalah gaya persatuan luas penampang pada elemen struktur seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Potongan melintang gaya tarik dan gaya tekan

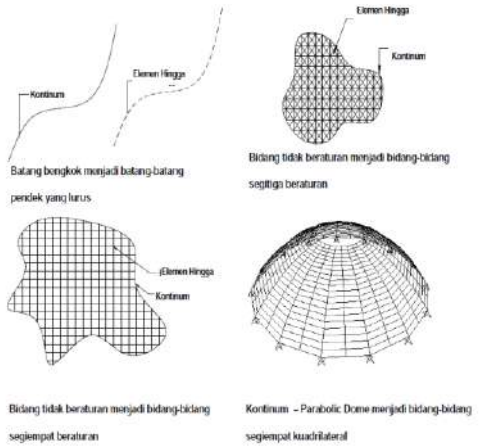
Sehingga tegangan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

……. 2.1

dimana : σ = Tegangan (MPa)
P = Gaya (N)
A = Luas penampang (mm^2)

Proses diskretisasi elemen hingga merupakan suatu analisis pendekatan tegangan,



Gambar 3. Diskretisasi pada metode elemen hingga

Persamaan umum dalam metode elemen hingga :

[K] {U} = {F} …….. 2.2

dimana :
[K] : Matriks kekakuan elemen
{U} : Matriks perpindahan elemen
{F} : Matriks gaya pada elemen

Kuat lekat merupakan kekuatan lekatan antara tulangan dan beton. Lekatan antar beton dan tulangan merupakan salah satu faktor yang berkontribusi paling penting dalam struktur beton. Beton memiliki kekuatan tarik rendah, berfungsinya sistem beton yang berisi tulangan secara signifikan bergantung sepenuhnya pada kekuatan ikatan antara beton dan tulangan.

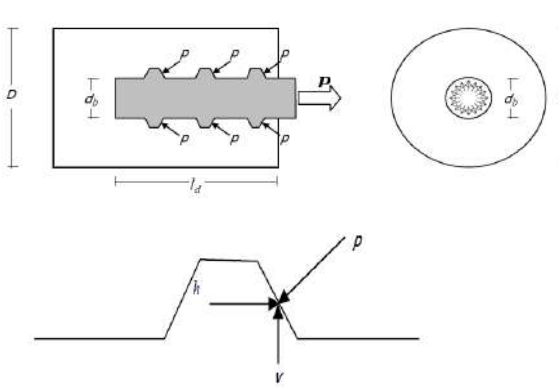
Pada tulangan polos, lekatan yang terjadi merupakan adhesi kimia dan friksi antara permukaan tulangan dan beton yang mengelilinginya. Pada beban yang relatif kecil tulangan *slip* terhadap beton sekelilingnya, selanjutnya hanya ada friksi yang mampu menahan lekatan antara beton dan tulangan dimana friksi tergantung pada kondisi permukaan tulangan [3]. Sedangkan tulangan ulir selain adhesi kimia dan friksi ada mekanikal interlocking yang terjadi antara tulangan dengan beton, sehingga kapasitas lekatan pada tulangan ulir lebih tinggi jika dibandingkan dengan tulangan polos [4].

Daya lekat beton dan baja tulangan merupakan gaya luar. Untuk menunjang hal tersebut, slip atau gelicir antara beton dan tulangan diharapkan tidak terjadi, sehingga memerlukan adanya daya lekat *(bonding)* yang memadai antara beton dan baja tulangan [6].

Untuk mengetahui perilaku dan mekanisme *bond* antara beton dan tulangan dengan melakukan pengujian cabut *(pull-out test)* pada tulangan yang ditanam di dalam beton. Mekanisme *bond* antara beton dan tulangan [7] terdiri dari :

a. Adhesi antar beton dan tulangan
b. *Griffing effect* pada beton dan bar deformation
c. Tahanan friksi pada tulangan berupa tegangan tarik
d. Efek mutu dan kekuatan beton baik tarik maupun tekan.
e. Efek pengangkuran berupa panjang pengangkuran, hook, lewatan dan persilangan
f. Diameter, bentuk dan jarak tulangan pada perkembangan retakan

ISSN : 2460-335X
e-ISSN: 2686-6587



Gambar 4. Mekanisme perpindahan gaya oleh *bond* pada tulangan ulir (*deformed bar*)

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menganalisis model variasi penampang beton normal dan beton *Ultra High Performance Concrete* dengan panjang penyaluran yang berbeda.
Data dimensi balok yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi balok

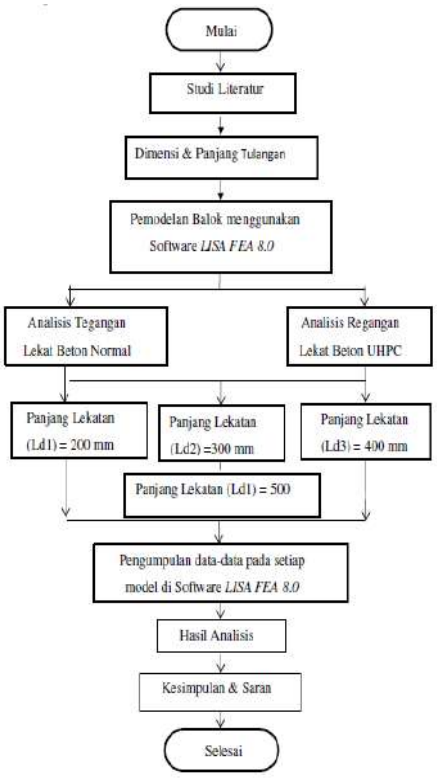
Dimensi balok	400x250x1000	
Jenis beton	Normal	UHPC
Kuat tekan (fc')	30 MPa	150 MPa
Modulus Youngs (E)	25742,9602 MPa	55 GPa
Poisson ratio	0,20	0,25

Dimensi tulangan yang digunakan pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Dimensi tulangan

Jenis tulangan			Polos	
Kuat leleh baja (fy)			400 MPa	
Modulus Youngs (E)			200.000 MPa	
Poisson ratio			0,3	
Diameter			16	
Tulangan	1	2	3	4
Panjang tulangan (ld) (mm)	200	300	400	500

Dalam penelitian ini dibuat diagram alur untuk memudahkan proses analisis dengan bantuan program aplikasi sesuai dengan Gambar 7.



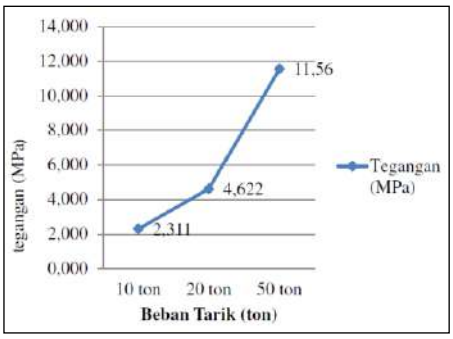
Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan beton normal dengan panjang penyaluran 200mm berdasarkan hasil pemodelan *LISA FEA 8.0* sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Tegangan pada beton pada panjang penyaluran ld 200mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	2,311
20 ton	4,622
50 ton	11,56



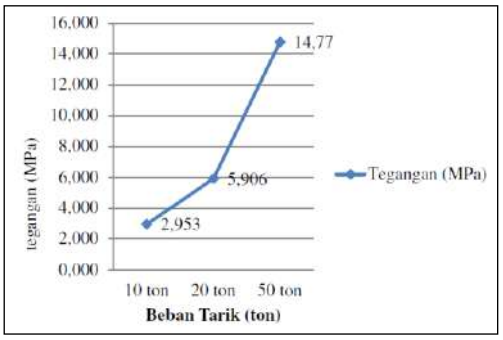
Gambar 6. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 200 mm

Tegangan pada beton normal dengan panjang penyaluran 300mm ditampilkan pada Tabel 4.

ISSN : 2460-335X
e-ISSN: 2686-6587

Tabel 4. Tegangan pada beton pada panjang penyaluran ld 300mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	2,953
20 ton	5,906
50 ton	14,77

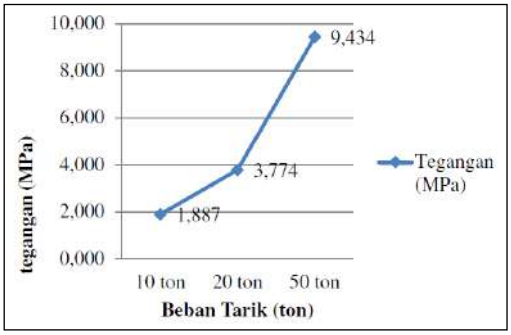


Gambar 7. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 300 mm

Tegangan pada panjang penyaluran 400mm ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tegangan pada beton pada panjang penyaluran ld 400mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	1,887
20 ton	3,774
50 ton	9,43

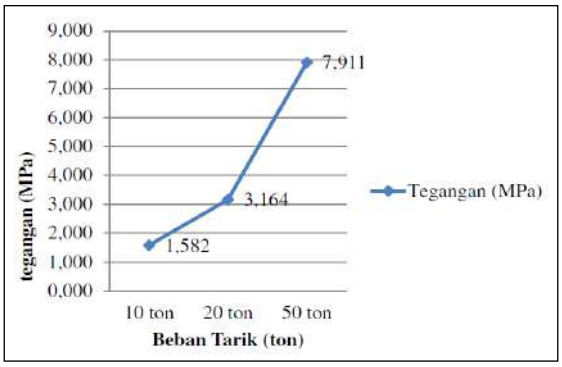


Gambar 8. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 400 mm

Sedangkan tegangan dengan panjang penyaluran 500mm yang ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Tegangan pada beton pada panjang penyaluran ld 500mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	1,582
20 ton	3,164
50 ton	7,91

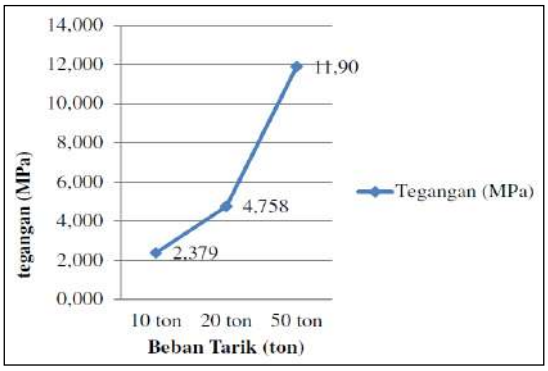


Gambar 9. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 500 mm

Tegangan pada beton *Ultra High Performent Concrete* (UHPC) pada Tabel 7.

Tabel 7. Tegangan pada beton pada panjang penyaluran ld 200mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	2,379
20 ton	4,758
50 ton	11.90



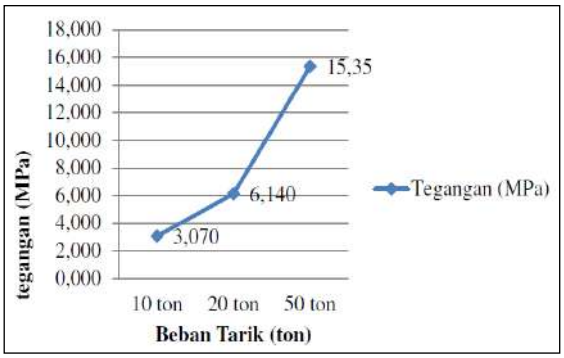
Gambar 10. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 200 mm

Tegangan pada beton UHPC dengan panjang penyaluran 300mm pada Tabel 8.

Tabel 8. Tegangan beton pada Panjang Penyaluran ld 300 mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	3,07
20 ton	6,14
50 ton	15,35

ISSN : 2460-335X
e-ISSN: 2686-6587

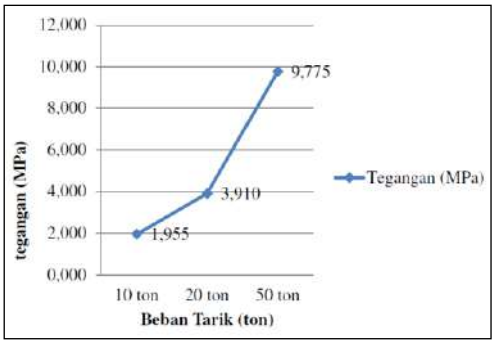


Gambar 11. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 300 mm

Tegangan dengan panjang penyaluran 400mm yang ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Tegangan Beton pada Panjang Penyaluran ld 400mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	1,955
20 ton	3,91
50 ton	9,775

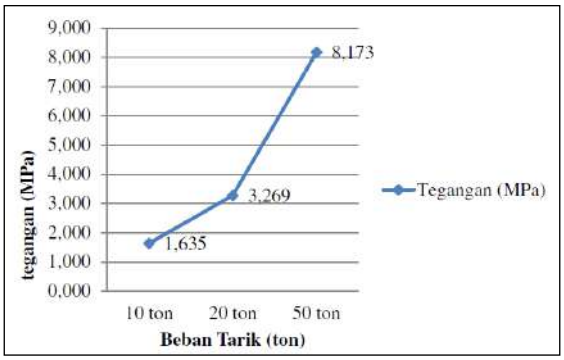


Gambar 12. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 400 mm

Sedangkan tegangan dengan panjang penyaluran 500mm seperti pada Tabel 10.

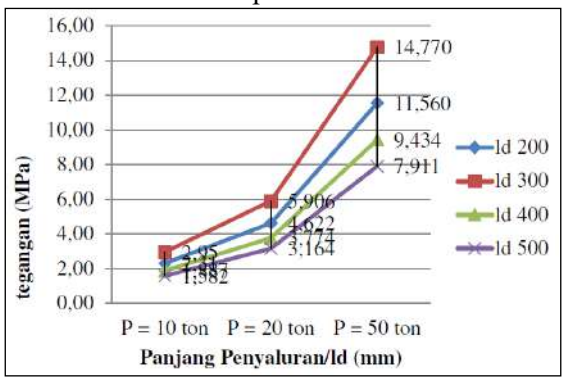
Tabel 10. Tegangan beton pada Panjang Penyaluran ld 500mm

Beban Tarik (p)	Tegangan (MPa)
10 ton	1,635
20 ton	3,269
50 ton	8,173



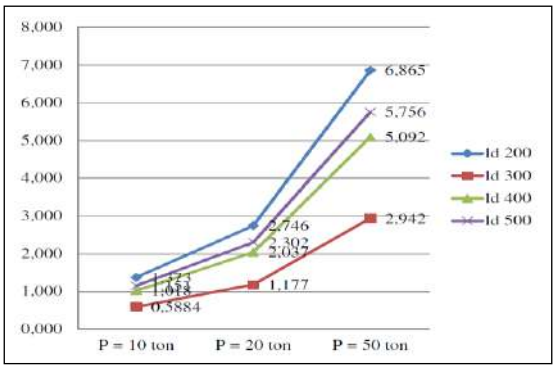
Gambar 13. Tegangan pada panjang penyaluran *ld* 500 mm

Hubungan panjang penyaluran dan tegangan lekatan beton normal pada Gambar 14.



Gambar 14. Tegangan gabungan pada beton normal

Sedangkan nilai displacement pada panjang penyaluran dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Hasil Gabungan Nilai *Displacement*

Gambar 15. menunjukkan bahwa *displacement* terbesar 6,865 mm terjadi pada benda uji panjang penyaluran 200 mm dengan beban 50 ton dan nilai *displacement* terkecil sebesar 5,884 mm terjadi pada benda uji panjang penyaluran 300 mm dengan beban tarik sebesar 10 ton mm dengan nilai.

ISSN : 2460-335X
e-ISSN: 2686-6587

IV. KESIMPULAN

Panjang tulangan 300mm sebesar 15,35 MPa dan panjang tulangan merupakan panjang penyaluran yang paling efektif dalam menahan beban tarik (*Pull Out*). Nilai tegangan dipengaruhi oleh panjang tulangan rencana pemodelan dan kuat tarik pada tulangan yang dihasilkan dalam pemodelan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[1] LISA Finite Element Technologies : http://www.LISA-Free_Affordable Finite Element Analysis Software.htm/

[2] Nuroji; "Studi Eksperimental Lekatan Antara Beton dan Tulangan pada Beton Mutu Tinggi"; Semarang : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponogoro; 2004.

[3] Robert Park, Thomas Paulay ; "Reinforced Concrete Structure" : John Wiley and Son ; 1975.

[4] Sunarmarso; "Tegangan Lekat Baja Tulangan (Polos dan Ulir) pada Beton"; Surakarta : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret; 2007.

[5] Widodo Slamet; "Perencanaan Penulangan Lentur Dan Geser Balok Persegi Menurut SNI 03-2847-2002"; Yogyakarta : Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan UNY; 2009.

[6] William Langi, Ellen J. Kumaat, dan Hieryco Manalip; "Tegangan Lekat Antara Baja dan Beton dengan Mutu Beton 40-70 MPa"; Manado : Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi; 2018.

[7] Edward G. Nawy ; "Reinforced Concrete" : Prentice Hall Inc ; 1985.