

ANALISIS PERBANDINGAN KUAT LEKAT TULANGAN POLOS DENGAN TULANGAN BERULIR

Gunawan Tarigan

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara
gunawan@ft.uisu.ac.id*

Abstrak

Salah satu percobaan yang dapat dilakukan untuk mengetahui perilaku dari sifat–sifat monolit balok terhadap material tarik lainnya adalah melalui percobaan tarik (*pull out test*). Melalui percobaan ini, tulangan beton yang sudah ditanamkan ke dalam beton dengan bentuk serta ciri-ciri yang telah ditentukan akan ditarik dengan kecepatan konstan sampai beton tersebut pecah atau tercabut baja tulangannya. Oleh karena itu nantinya diharapkan diperoleh nilai–nilai perilaku beton seperti kuat lekat baja tulangan terhadap beton. Melalui percobaan tarik (*pull out test*) ini pula kita dapat membandingkan kuat lekat baja tulangan ulir yang umumnya dipergunakan dalam proyek besar terhadap kuat lekat tulangan polos yang umumnya dipergunakan dalam proyek skala kecil. Dengan demikian, dapat diketahui dan dibuktikan secara empiris bahwa nilai kuat lekat baja tulangan ulir adalah jauh lebih besar dari pada kuat lekat tulangan polos untuk material dan campuran beton yang sama.

Kata-kata Kunci : Kuat Lekat, Uji Tarik, Baja Tulangan, Beton

I. Pendahuluan

Beton adalah material buatan yang sejak lama digunakan dalam bidang rekayasa sipil baik sebagai material struktural maupun non struktural untuk memenuhi kebutuhan dan menunjang aktifitas manusia. Sebagai material struktur, material beton kuat terhadap tekan tetapi lemah terhadap tarik, sehingga pada umumnya bagian–bagian stuktur beton tersebut yang mengalami tarik diperkuat dengan material baja tulangan yang membentuk satu kesatuan material yang sering disebut beton bertulang.

Untuk menjamin terciptanya kerjasama yang baik antara kedua material tersebut, perlu ditinjau intervensi dari berbagai faktor eksternal yang akan mempengaruhi bahkan dapat merubah perilaku baik ditinjau sebagai satu kesatuan beton bertulang, sebagai material beton, ataupun material baja itu sendiri.

Terdapat karakteristik dari hubungan antara beton dengan elemen penguatnya (baja tulangan) adalah kekuatan lekatan antara keduanya. Kekuatan lekatan ini akan berpengaruh terhadap penentuan panjang penjangkaran minimum yang harus disediakan agar tulangan baja tidak tercabut dari betonnya pada saat beban luar diberikan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan selama ini umumnya menyelidiki hubungan antara tegangan lekat rata-rata dengan *slip* yang diukur dengan menggunakan *dial gages* dan mesin uji tarik (*pull-out test machine*).

Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam tulisan ini adalah untuk membandingkan kuat lekat (*bond stress*) tulangan polos dengan tulangan berulir pada beton dengan cara ditarik dengan mesin *pull-out test*.

II. Hasil Kuat Tekan Beton

Hasil penelitian untuk Kuat tekan Beton rencana sebesar 25 Mpa, pada umur 28 hari, seperti pada Tabel 1.

2.1 Data Hasil Percobaan Kuat Lekat Tulangan Polos

Hasil percobaan untuk kuat lekat tulangan polos f_y 400 Mpa, pada umur 28 hr, seperti pada Tabel 2.

2.2 Data Hasil Percobaan Kuat Lekat Tulangan Ulir

Hasil percobaan untuk kuat lekat tulangan ulir f_y 400 Mpa, pada umur 28 hari, seperti pada Tabel 3.

III. Analisa Grafik dan Bahasan Masalah

Dari grafik Gambar 1 dapat dilihat bahwa kuat lekat tulangan ulir lebih besar dibanding kuat lekat tulangan polos, dan penambahan panjang penjangkaran yang konstan tidak di ikuti oleh penambahan pembebanan yang konstan pula. Secara filosofi umum dapat dikatakan bahwa, seharusnya penambahan panjang penjangkaran yang konstan akan menimbulkan pertambahan pembebanan yang konstan pula. Akan tetapi ini tidak berlaku pada percobaan Pull Out Test.

Berdasarkan grafik dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya energi yang hilang seiring penambahan kedalaman penjangkaran. Hal inilah yang menyebabkan nilai pembebanan menjadi semakin menurun dan tidak konstan.

Tabel 1. Kuat tekan beton

No.Benda Uji	Diameter Benda Uji (mm)	Tinggi Benda Uji (mm)	Berat Benda Uji (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata – Rata (MPa)
1	150	300	0,123	31,87	32.84
2	150	300	0,120	30,89	
3	150	300	0,125	32,40	
4	150	300	0,125	33,83	
5	150	300	0,125	35,11	
6	150	300	0,124	32,16	
7	150	300	0,120	31,38	
8	150	300	0,125	34,12	
9	150	300	0,125	34,81	
10	150	300	0,124	31,87	

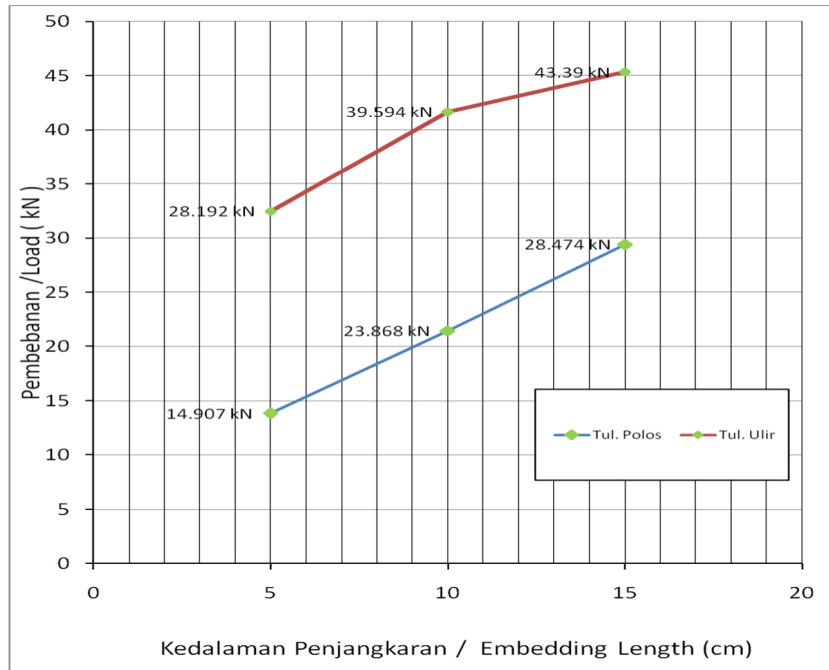
Tabel 2. Benda uji dengan tulangan baja polos

No. benda uji	Diameter beton (mm)	Diameter baja (mm)	Kedalaman Penjangkaran (mm)	Pembebanan (kN)	Pembebanan rata-rata (kN)	Tegangan Baja (Mpa)
1	150	12	50	12.257	13.850	108.431
2	150	12	50	12.747		112.765
3	150	12	50	14.705		130.087
4	150	12	50	15.689		138.792
1	150	12	100	17.160	21.450	151.805
2	150	12	100	19.612		173.496
3	150	12	100	22.063		195.179
4	150	12	100	26.966		238.553
1	150	12	150	26.966	29.417	238.553
2	150	12	150	29.416		260.226
3	150	12	150	29.416		260.226
4	150	12	150	31.869		281.927

Tabel 3. Benda uji dengan tulangan baja ulir

No. benda uji	Diameter beton (mm)	Diameter baja (mm)	Kedalaman Penjangkaran (mm)	Pembebanan (kN)	Pembebanan rata-rata (kN)	Tegangan Baja (Mpa)
1	150	12	50	29.418	32.483	260.244
2	150	12	50	31.870		281.936
3	150	12	50	34.321		303.618
4	150	12	50	34.321		303.618
1	150	12	100	39.224	41.676	346.992
2	150	12	100	39.224		346.992
3	150	12	100	44.127		390.366
4	150	12	100	44.127		390.366
1	150	12	150	44.127	45.353	390.366
2	150	12	150	44.127		390.366
3	150	12	150	46.578		412.049
4	150	12	150	46.578		412.049

Grafik kuat lekat tulangan baja polos dan tulangan baja ulir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 : Perbandingan kuat lekat beton tulangan polos dan tulangan ulir

Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

a. Kuat Tarik Beton Membatasi Gaya Gesek Yang Terjadi

Seberapapun ke dalam penjangkaran d yang dilakukan pada benda uji selagi dimensi benda uji betonnya tidak berubah, maka energi beton G_c ataupun kekuatan beton dalam melawan gaya tarik F dari tulangan baja akan tetap sama. Hal ini lah yang juga mempengaruhi ketidak-linieran grafik. Jika kita mengasumsikan bahwa ketika energi beton G_c sudah mencapai maksimum maka pada saat itulah kuat lekat maksimum F_s baja dengan beton terjadi, rumus empirisnya adalah sebagai berikut :

$$G_c = F_s$$

$$G_c = \frac{F}{\pi \cdot \phi \cdot d}$$

Dari rumus di atas dapat disimpulkan bahwa semakin dalam penjangkaran yang dilakukan maka nilai pembebanan akan semakin kecil, hal ini dikarenakan kuat lekat F_s berbanding terbalik dengan panjang penjangkaran d namun berbanding lurus dengan pembebanan F .

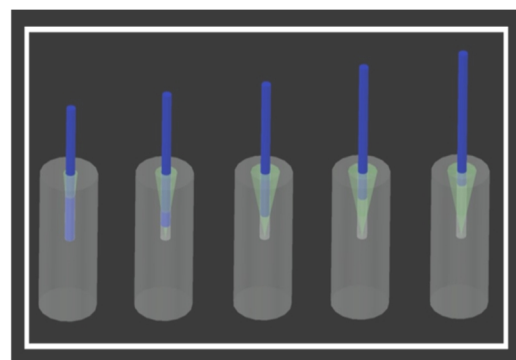
b. Tegangan Leleh Baja

Ditunjukkan pada tulangan polos yang tegangan bajanya dibawah tegangan leleh baja atau belum mencapai tegangan leleh baja, pertambahan pembebanan masih membentuk garis linier yang berarti pertambahan pembebanan masih konstan. Sedangkan pada tulangan berulir, pembebanan mengalami penurunan pada pertambahan pembebanannya dan tegangan pada baja pun telah mencapai tegangan leleh dimana pada penjangkaran

15 cm, tegangan bajanya rata-rata mencapai 401.207 MPa.

c. Gelombang Energi Merambat Dari Bagian Atas Permukaan Beton

Tentunya, perilaku ini dipengaruhi oleh aliran energi yang hilang ketika terjadi slip awal yang menyebabkan terus bertambahnya kehilangan energi betonnya seiring dengan bertambahnya nilai slip yang terjadi. Untuk lebih mudah memahaminya, berikut ini ilustrasi kejadian gelombang energi yang menyebabkan kehilangan nilai pembebanan dari grafik.



Gambar 2. Ilustrasi kejadian gelombang energi

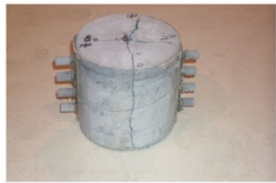
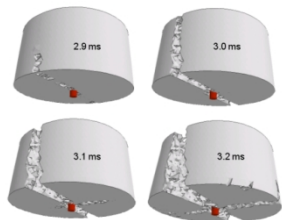
Keterangan gambar :

- Abu-abu adalah beton
- Biru adalah tulangan baja
- Hijau adalah gelombang energi yang terjadi.

Pada kasus 1. Baja mulai ditarik dan gelombang energi serentak muncul dari atas mengalir keseluruhan permukaan gesek dibawahnya. Hal ini menandakan bahwa pada daerah atas permukaan gesek

mengalami lebih banyak gaya dari pada daerah gesek dibawahnya.

Hal yang lebih membuktikan kebenaran ini juga terdapat pada *"Dynamic Pull-out Test Simulations Using the Lattice Discrete Particle Model (LDPM) ; Daniele Pelessone (ES3), Gianluca Cusatis, Andrea Mencarelli (RPI), James T. Baylot (ERDC ; Crossing Borders 2008 Structurew Congress Vancourver, BC, Canada, April 26, 2008"* . tampak bahwa gelombang energi mengalir dari ujung atas besi masuk dari permukaan beton menuju inti beton sekaligus menyebar keseluruhan arah, hal ini diikuti oleh perilaku retak yang berawal dari permukaan beton dan terus masuk kedalam inti beton. berikut hasil simulasi kehancuran beton uji terhadap satuan waktu.



Gambar 3. Hasil simulasi kehancuran beton uji terhadap satuan waktu.

Pada kasus 2. Baja tetap ditarik secara konstan, gelombang energi semakin merambat kedalam inti beton dan nilai pembebanan semakin naik. Dari kejadian ini, slip sudah mulai terlihat namun beton belum mencapai energi maksimumnya dan kerusakan beton belum tampak dari permukaan. Keretakan sudah mulai terjadi pada daerah dalam inti beton dengan bidang gesek. Sebagian energi beton sudah mulai bertransformasi menjadi energi kalor saja.

Pada kasus 3. Gelombang energi sudah mencapai ujung dari tulangan baja, namun sudut inklinaasi belum mencapai maksimum (belum sampai pada ujung tepi permukaan beton) hal ini menyebabkan kerusakan beton yang tidak terbelah melainkan menimbulkan lubang pada daerah gelombang energi. Pada kasus ini energi beton sudah

maksimum, dan terjadi transformasi energi beton menjadi kalor dan bunyi serta nilai pembebanan maksimum telah tercapai.

Pada kasus 4. Beton sudah hancur dan tulangan baja sudah keluar bersamaan partikel-partikel beton yang hancur, nilai pembebanan secara drastis turun namun nilainya masih ada atau mendekati nilai nol. Gaya lekat juga sudah mendekati nilai nol.

Pada kasus 5. Nilai pembebanan sudah mencapai nol. Tidak ada perlawanan sama sekali dari beton serta gaya lekat sudah tidak ada lagi.

d. Ketidakseimbangan Dimensi Baja Dengan Dimensi Beton

Jika rasio atau perbandingan dimensi baja terlalu kecil terhadap dimensi beton uji maka perilaku yang paling berpengaruh pada nilai pembebanan adalah tulangan baja dapat meleleh ataupun putus sebelum beton mengalami kehancuran. Akibatnya tulangan baja tidak tercabut dari beton akan tetapi putus/ meleleh tepat pada ujung permukaan beton.

e. Ketidakseimbangan Mutu Baja Dengan Mutu Beton

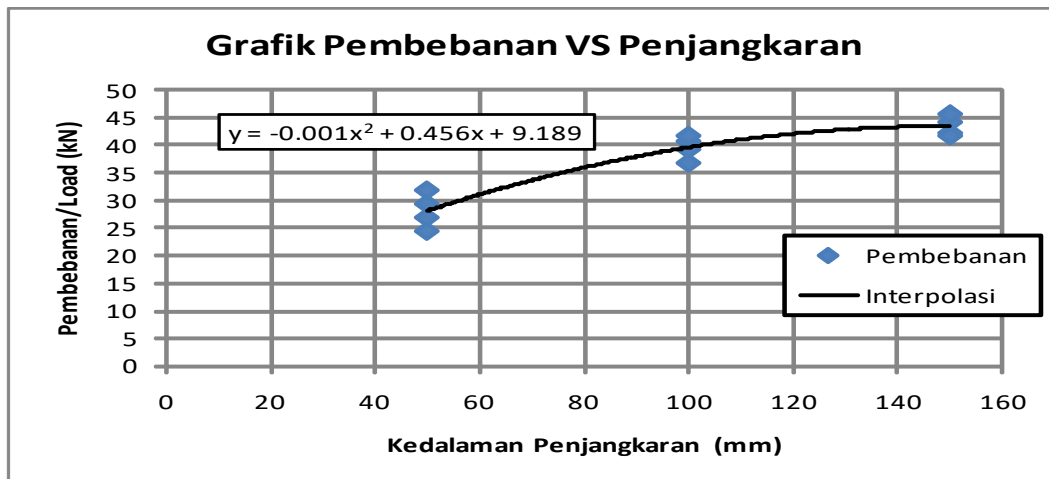
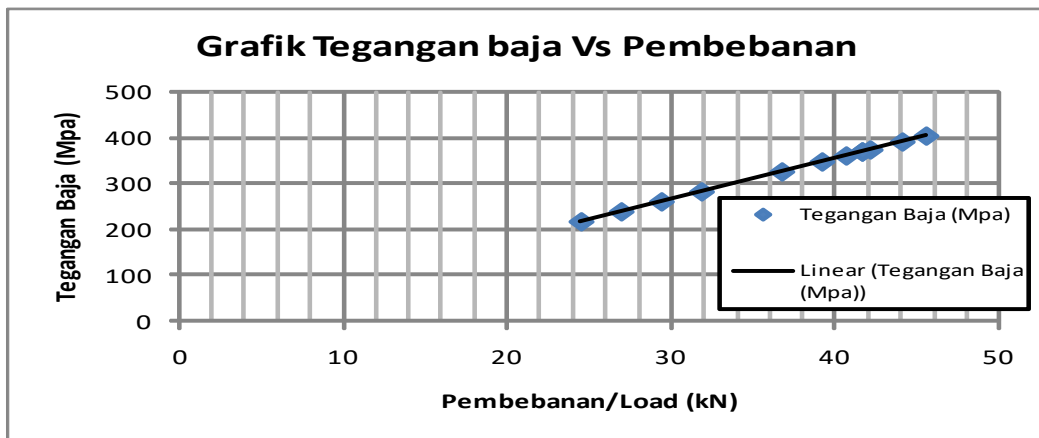
Untuk mendapatkan nilai kuat lekat yang mendekati kebenaran, maka diharuskan untuk meningkatkan mutu baja tulangan. Hal ini nantinya diharapkan ketika terjadi pencapaian energi beton maksimum, maka tulangan bajanya belum sempat meleleh. Deformasi dari tulangan baja yang terjadi akan menyerap sebagian gelombang energi dari percobaan pull out test. Untuk itu secara tidak langsung mutu beton juga sangat mempengaruhi kejadian ini. Salah satu contoh dari kejadian tulangan baja yang terdeformasi sebelum energi maksimum beton tercapai adalah seperti pada Gambar 4.



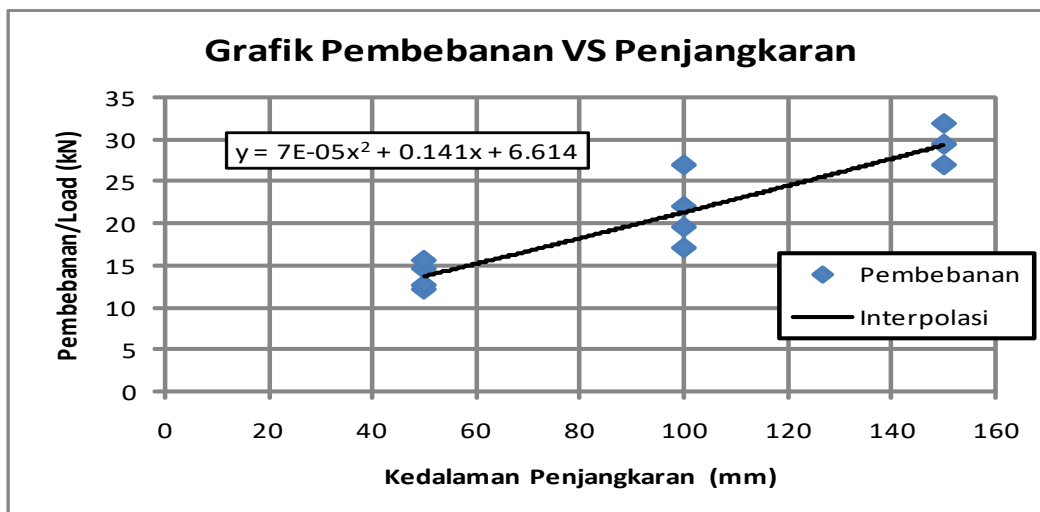
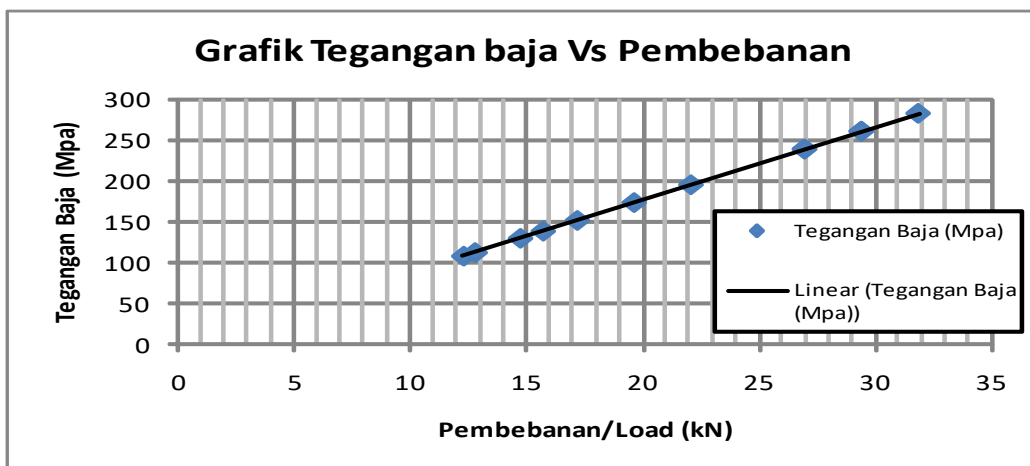
Gambar 4. Tulangan baja yang terdeformasi sebelum energi maksimum beton tercapai

Sumber : **EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE DIRECT TENSION -PULLOUT BOND TEST** ; S. P. Tastani, MSc, PhD Candidate and S. J. Pantazopoulou, Professor ; Department of Civil Engineering, Demokritus University of Thrace ; Bas. Sofias Street - No. 12, Xanthi 67100, Greece

Benda Uji Dengan Tulangan Baja Ulir						
No. benda uji	Diameter beton (mm)	Diameter baja (mm)	Kedalaman Penjangkaran (mm)	Pembebanan (kN)	Pembebanan rata-rata (kN)	Tegangan Baja (Mpa)
1	150	12	50	26.968	28.194	238.570
2	150	12	50	29.420		260.262
3	150	12	50	24.517		216.888
4	150	12	50	31.872		281.953
1	150	12	100	36.775	39.595	325.327
2	150	12	100	39.227		347.019
3	150	12	100	40.698		360.032
4	150	12	100	41.678		368.701
1	150	12	150	44.130	43.390	390.393
2	150	12	150	42.169		373.045
3	150	12	150	41.678		368.701
4	150	12	150	45.582		403.238



Benda Uji Dengan Tulangan Baja Polos						
No. benda uji	Diameter beton (mm)	Diameter baja (mm)	Kedalaman Penjangkaran (mm)	Pembebanan (kN)	Pembebanan rata-rata (kN)	Tegangan Baja (Mpa)
1	150	12	50	12.257	13.850	108.431
2	150	12	50	12.747		112.765
3	150	12	50	14.705		130.087
4	150	12	50	15.689		138.792
1	150	12	100	17.160	21.450	151.805
2	150	12	100	19.612		173.496
3	150	12	100	22.063		195.179
4	150	12	100	26.966		238.553
1	150	12	150	26.966	29.417	238.553
2	150	12	150	29.416		260.226
3	150	12	150	29.416		260.226
4	150	12	150	31.869		281.927



IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian , analisa dan pembahasan hasil eksperimen dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari variasi kedalaman penjangkaran baja tulangan polos, pada kedalaman 5 cm didapat kuat lekat beton dengan baja tulangan bila ditinjau dari pembebanannya sebesar 13.850 kN, 10 cm sebesar 21.450 kN, dan kedalaman 15 cm sebesar 29.417 kN.
2. Sedangkan untuk baja tulangan berulir, pada kedalaman 5 cm didapat kuat lekat beton dengan baja tulangan bila ditinjau dari pembebanannya sebesar 32.483 kN, 10 cm sebesar 41.676 kN, dan kedalaman 15 cm sebesar 45.353 kN.
3. Pertambahan nilai tegangan pada baja berbanding lurus dengan pembebanan yang terjadi. Pada kedalaman 5 cm untuk tulangan polos, tegangan rata – rata yang terjadi sebesar 122.519 MPa, pada kedalaman 10 cm sebesar 189.758 MPa, dan pada kedalaman 15 cm sebesar 260.223 MPa.
4. Sedangkan pada tulangan ulir, pada kedalaman 5 cm tegangan rata – rata yang terjadi sebesar 287.354 MPa, pada kedalaman 10 cm sebesar 368,679 MPa, dan pada kedalaman 15 cm sebesar 401.208 MPa. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa tulangan berulir lebih dahulu mencapai tegangan leleh yaitu pada kedalaman 15 cm, sedangkan tulangan polos belum mencapai tegangan leleh pada kedalaman 15cm
5. Berdasarkan data yang dimiliki, baja tulangan berulir memiliki kuat lekat yang lebih baik \pm 30% dari pada tulangan polos.

Daftar Pustaka

- [1] Daniele Palessone, Cusatis Gianluca, Mencarelli, Baylot James.T., 2008, *Dinamyc Pullout Test Simulation Using The Lattice Discrete Particle Model*, Vancouver BC, Canada.
- [2] Filho Sanchez dan Teressa Maria, 2008, *Analysis Of The Relative Rib Area Of Reinforcing Bars Pullout Test*, Brazil.
- [3] Farol Alavi. M dan Marzouk. H, 2004, *Bond Of High Strength Concrete Under Monotonic Pullout Loading*, Momerial University of Newfoundland, Canada.
- [4] Good Fellow Brian, 2004, *Design And Aplication Of A Fiber Pullout Test For Examining Controlled Interface In Fiber Reinforced Polymers*, Cornell University, Austin.
- [5] J.G.M. Van Mier, Markovich, Walravca J.C, 2007, *Single Fiber Pullout From Hybrid Fiber Reinforced Concrete*, Delft University of Technology, 2007.
- [6] Tastani S.P. dan Pantazopoulou S.J, 2002, *Experimental Evaluation Of The Direct Tension Pullout Bond Test*, Democritus University of Trace, Budhapest.
- [7] Wahyudi Reza, 2009, *Pullout Test Behavior*, Archlink Consultant, Medan.
- [8] www.ibracon.com, 2009, *Technique To Monitoring The Crack Width And The Neutral Axis Potition Of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams Subjected To Bending*.