

# MORTAR DAN *MESHING* (JEJARING) KAWAT SEBAGAI *EXTERNAL CONFINEMENT* (KEKANG LUAR) UNTUK MENINGKATKAN SIFAT MEKANIK BETON

Rustam Baehaki<sup>1\*</sup>, Eko Darma<sup>2</sup>, Anita Setyowati Srie Gunarti<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam 45  
Jl. Cut Meutia No. 83, Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat

<sup>3</sup>Mahasiswa Pascasarjana Prodi Doktorat Ilmu Teknik Sipil Geoteknik, Fakultas Teknik,  
Universitas Katolik Parahyangan  
Jl. Merdeka No. 30, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat

\*Email: rustam09baehaki@gmail.com

## Abstrak

*Sifat getas beton akan membuat bangunan-bangunan yang terbuat dari beton bertulang seperti gedung dan jembatan apabila diberi beban berlebih mengalami keruntuhan mendadak, untuk mengatasi masalah tersebut maka beton perlu diperkuat dengan suatu material tambahan yang dapat dipasang secara internal maupun eksternal. Penggunaan meshing kawat dan mortar beton sebagai external confinement diprediksi akan meningkatkan sifat mekanik beton, selain itu juga diharapkan mampu meningkatkan daktilitas dan kapasitas beton, namun tetap mempertahankan luasan penampang beton dan mampu menghasilkan struktur bangunan yang berumur panjang, efisien dalam penggunaan sumber daya alam dan mampu menahan berbagai beban yang bekerja padanya, termasuk beban berlebih. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium menggunakan bahan mortar beton dengan tebal lapisan 0,5mm dan kawat AWG diameter 0,45mm yang akan melapisi silinder beton berdimensi 150mm x 300mm yang berfungsi sebagai external confinement. Rasio volume penggunaan mortar dan kawat yang digunakan terhadap volume silinder terdiri dari empat variasi yaitu 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3% dengan dibuat tiga benda uji pada setiap variasinya, uji yang dilakukan terhadap silinder beton adalah uji kuat tekan beton dan regangannya dimana hasil uji akan membandingkan keefektifan penggunaan mortar beton dan meshing kawat sebagai external confinement. Hasil uji kuat tekan menunjukkan peningkatan sebesar 16,227% terhadap kuat tekan beton normal pada komposisi 0,2% meshing kawat dan peningkatan sebesar 6,967% terhadap kuat tekan beton normal pada komposisi 0,1% meshing kawat.*

**Kata kunci:** *external confinement, meshing kawat, mortar beton, kuat tekan beton*

## LATAR BELAKANG

Beton adalah material yang mempunyai kuat tekan yang tinggi tetapi bersifat getas. Seringkali karena sifat getasnya ini maka bangunan-bangunan yang terbuat dari beton bertulang seperti gedung dan jembatan apabila diberi beban berlebih mengalami keruntuhan mendadak. Beban berlebih disini maksudnya adalah beban tak terduga yang besarnya melebihi beban rencana sebagai contoh beban gempa yang bekerja pada struktur gedung beton bertulang, beban berlebih (*overload*) kendaraan yang melintas pada jembatan. Untuk mengatasi masalah tersebut maka beton harus di *treatment* sehingga mutu dan daktilitasnya meningkat dan sifat getasnya berkurang. Salah satu cara untuk memperkuat beton adalah dengan memberikan perkuatan eksternal pada beton dimana fungsi dari perkuatan eksternal adalah untuk menimbulkan tegangan samping (*lateral stress*) sehingga tegangan beton semakin meningkat. Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan beton yang diberi perkuatan eksternal akan meningkat kapasitasnya. Kriteria desain untuk struktur bangunan tahan gempa dalam SNI 1726-2012 mensyaratkan bahwa bangunan harus didesain berdasarkan gempa rencana yang ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat sebesar selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2% (periode ulang gempa ±2500 tahun).

Peraturan ini mendasarkan beban gempa untuk desain sebagai gempa kuat. Akan tetapi mendisain struktur dengan beban gempa besar dalam kondisi elastis tentu tidak ekonomis. Hal ini dikarenakan struktur tersebut didisain sebagai *earthquake proof building* yaitu bangunan yang dapat menahan gempa besar tanpa runtuh (Pawirodikromo, 2012). Oleh karena mengingat bangunan tidak perlu dibuat sangat kuat sehingga berperilaku elastis saat gempa besar, maka dalam prosedur perencanaan berdasarkan SNI 1726-2012 kekuatan gempa dapat diturunkan atau dikurangi sampai level tertentu melalui suatu reduksi yang disebut dengan faktor koefisien modifikasi respons ( $R$ ) yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur (Imran dan Hendrik, 2010). Reduksi beban gempa dengan faktor  $R$  ini mengakibatkan beban gempa untuk desain menjadi relatif kecil. Struktur tidak akan kuat terhadap gempa besar, namun kerusakan bangunan yang terjadi ditargetkan tidak akan membuat bangunan runtuh. Nanang dkk (2013) dalam makalahnya menyatakan usaha perkuatan perlu dilakukan untuk meningkatkan kapasitas struktur sehingga beban bertambah atau kelebihan beban yang bekerja dapat ditahan oleh struktur dalam upaya untuk mencegah keruntuhan struktur yang terjadi. Dian Eksana dkk (2012) menyatakan perkuatan (*strengthening*) yang diberikan pada beton akan meningkatkan kekuatan dan daktilitas struktur. *Strengthening* yang dimaksud disini adalah dengan memberikan perkuatan eksternal kawat dan tulangan yang diberikan pada kolom dengan metode *concrete jacketing* sehingga kapasitas kolom meningkat. Pada umumnya keruntuhan bangunan yang terjadi saat gempa memperlihatkan bahwa bangunan yang runtuh tersebut tidak memiliki kemampuan deformasi-inelastik yang memadai. Hal ini terutama disebabkan oleh pemilihan hirarki keruntuhan yang tidak tepat dan penerapan detailing pada komponen-komponen struktur yang tidak memadai, terutama masalah pengekangan tulangan longitudinal pada balok, kolom dan dinding struktur serta detail pengangkuran (Imran, 2010). Agar kondisi struktur yang "boleh rusak tapi tidak runtuh" saat terjadi gempa dapat terpenuhi, maka daktilitas yang tinggi pada kolom dasar mutlak diperlukan agar struktur saat gempa mampu berdeformasi dengan simpangan lateral yang besar. Menurut Siddiq (1997) daktilitas kolom beton bertulang sangat ditentukan oleh cara terbentuknya sendi plastis pada ujung-ujungnya, akibat beban luar terutama yang ditimbulkan oleh gempa. Salah satu cara untuk mendapatkan kolom yang daktil dapat diperoleh dengan *detailing confinement* (pengekangan yang baik). *Confinement* mampu meningkatkan kekuatan yang ditunjukkan dengan usulan hubungan tegangan-regangan beton *confined* dan *unconfined* yang diajukan oleh Mander et al (1988). Elemen yang dikekang akan memiliki kekuatan lebih besar daripada yang tidak dikekang. Hal ini karena akibat kekangan akan menambah besar tegangan dan regangan tekan maksimum beton. Kekangan yang umum dipakai selama ini pada kolom adalah *internal confinement* berupa tulangan sengkang baik spiral maupun sengkang ikat (*hoop*). Telah dikembangkan banyak penelitian tentang *external confinement* yang berfungsi untuk mempertahankan luasan penampang beton dan mendapatkan daktilitas yang tinggi pada kolom. Salah satu contohnya adalah *Concrete Filled Steel Tubes* (CFST). CFST adalah elemen struktur komposit yang terdiri dari sebuah tabung baja dan beton pengisi. Tabung baja disini berperan sebagai *external confinement* sekaligus *external reinforcement*. Jenis struktur kolom tubular komposit CFST ini makin populer penggunaannya, baik untuk gedung bertingkat banyak maupun jembatan bentang panjang. Hal ini dikarenakan sifat-sifat tahan gempa yang dimiliki oleh struktur jenis ini, yaitu berupa kekuatan dan daktilitas yang tinggi, maupun kapasitas *absorpsi* energi yang besar (Muslikh, 2005). Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang alternatif lain untuk pengekangan kolom, yaitu suatu model *confinement* yang selain mampu meningkatkan daktilitas dan daya dukung kolom, juga sekaligus dapat mempertahankan luasan penampang beton yang mendukung beban dan menghindarkan terjadinya tekuk lokal pada tulangan longitudinal. Penelitian tentang *external confinement* ini diharapkan dapat memenuhi konsep *Performance Based Design* dimana perencana dapat mendesain struktur bangunan sesuai kondisi yang diminta owner (Endah Safitri, 2016)

Pada penelitian ini akan membahas penggunaan jejaring (*meshing*) kawat untuk *external confinement* (kekangan luar) pada silinder beton. berukuran 150mm x 300mm. Pada *meshing* tersebut diberi bahan pengisi berupa mortar beton yang tebalnya mulai dari 1–5mm untuk melapisi silinder beton setelah itu masing-masing *specimen* diuji kuat tekannya dan diamati peningkatan kuat tekan beton ( $f_c$ ), kuat tekan beton dengan *external confinement* ( $f_{cc}$ ) dan tegangan lateral beton ( $f_l$ ). Diprediksi penggunaan *meshing* kawat dan mortar beton sebagai *external confinement* akan meningkatkan sifat mekanik beton. Selain itu penelitian ini juga diharapkan mampu meningkatkan

daktilitas dan kapasitas beton, juga sekaligus mempertahankan luasan penampang beton dan mampu menghasilkan struktur bangunan yang berumur panjang, efisien dalam penggunaan sumber daya alam dan mampu menahan berbagai beban yang bekerja padanya, termasuk beban gempa. Penggunaan bersama *meshing* kawat dan mortar sebagai *external confinement* ataupun *external strengthening* telah dilakukan oleh Nanang (2013) untuk peningkatan kapasitas lentur balok, Dian Eksana (2012) untuk peningkatan kapasitas kolom, Ribut Hermawan (2015) untuk peningkatan kapasitas geser pada dinding geser yang mana hasilnya menunjukkan adanya peningkatan kapasitas pada beton. Berdasarkan pada uraian latar belakang tersebut maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu Apakah penambahan mortar beton dan *meshing* kawat sebagai *external confinement* akan meningkatkan sifat mekanik beton terutama kuat tekan dan daktilitasnya, bagaimana teknik pemasangan atau pelapisan mortar beton dan *meshing* kawat pada silinder beton. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan mortar dan *meshing* (jejaring) kawat sebagai *external confinement* beton. Selain itu penelitian ini juga diharapkan mampu meningkatkan daktilitas dan kapasitas beton, juga sekaligus mempertahankan luasan penampang beton dan mampu menghasilkan struktur bangunan yang berumur panjang, efisien dalam penggunaan sumber daya alam dan mampu menahan berbagai beban yang bekerja padanya, termasuk beban gempa. Secara rinci tujuan yang ingin didapatkan dari penelitian ini adalah Untuk mengamati pengaruh penambahan mortar beton dan *meshing* kawat dan teknik pemasangannya dalam rangka meningkatkan kapasitas beton, untuk menyusun model persamaan tegangan lateral beton dan persamaan *konstitutif* pada silinder beton yang diberikan *external confinement*.

## METODOLOGI PENELITIAN

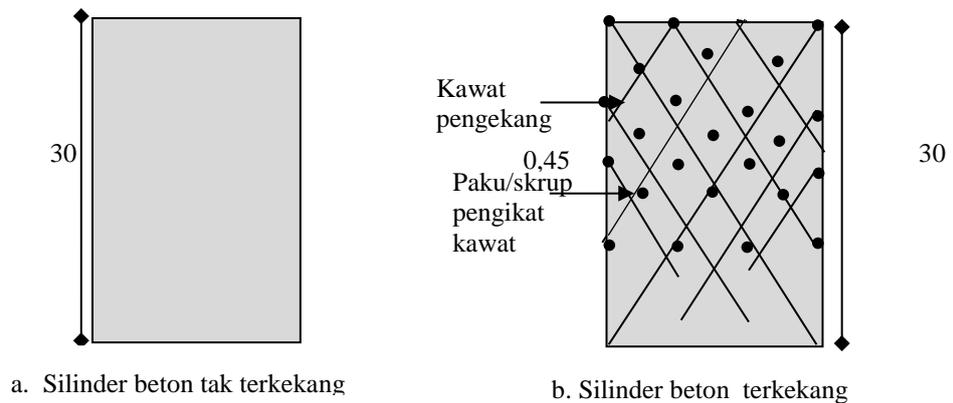
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium sebagai metode utamanya dalam mengumpulkan data. Data yang digunakan untuk analisis lebih lanjut adalah berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam eksperimen yang dilakukan. Eksperimen pengujian dilakukan terhadap beberapa benda uji silinder beton yang dikekang eksternal dengan memakai *meshing* (jejaring) kawat AWG 25 dengan  $\phi 4,5\text{mm}$  dan dilapisi dengan mortar dan dilakukan Uji Kuat Tekan dan Regangan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Islam "45" Bekasi.

### Pembuatan Sampel Benda Uji

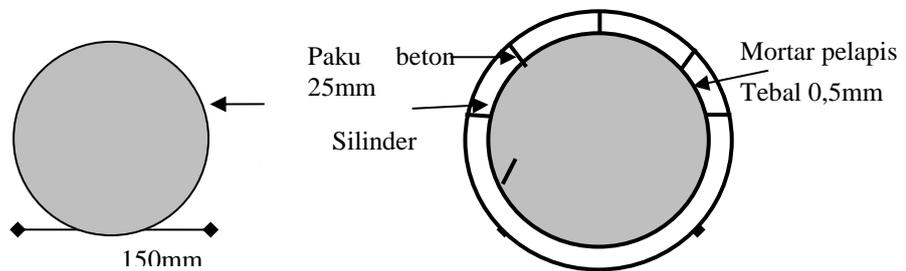
Tahap ini merupakan transisi dari konsep ketahap eksperimen yang mencakup uji standar untuk sampel material berdasarkan standar ASTM dan SNI yang digunakan pada rencana campuran (*mix design*) beton, pembuatan sampel silinder beton terkekang mortar dan *meshing* sebagai *external confinement*. Bahan penelitian yang digunakan adalah semen tipe PPC, air, agregat kasar, agregat halus, kawat AWG 25 diameter 0,5mm. Benda uji yang dibuat untuk uji tekan terdiri dari dua belas buah silinder beton mutu 22,5 MPa sebagai silinder pengontrol, 1-3 buah silinder beton dengan tebal mortar 0,5mm dan dikekang dengan kawat, dengan rincian sebagai berikut:

1. Tiga buah silinder beton dengan tebal mortar 0,5cm dan dikekang dengan kawat dengan rasio volume kawat dan mortar dibanding volume silinder beton 0%.
2. Tiga buah silinder beton dengan tebal mortar 0,5cm dan dikekang dengan kawat dengan rasio volume kawat dan mortar dibanding volume silinder beton 0,1%.
3. Tiga buah silinder beton dengan tebal mortar 0,5cm dan dikekang dengan kawat dengan rasio volume kawat dan mortar dibanding volume silinder beton 0,2%.
4. Tiga buah silinder beton dengan tebal mortar 0,5cm dan dikekang dengan kawat dengan rasio volume kawat dan mortar dibanding volume silinder beton 0,3%.

Berikut ini (gambar 1 dan 2) adalah gambar untuk silinder beton biasa dan silinder beton terkekang.

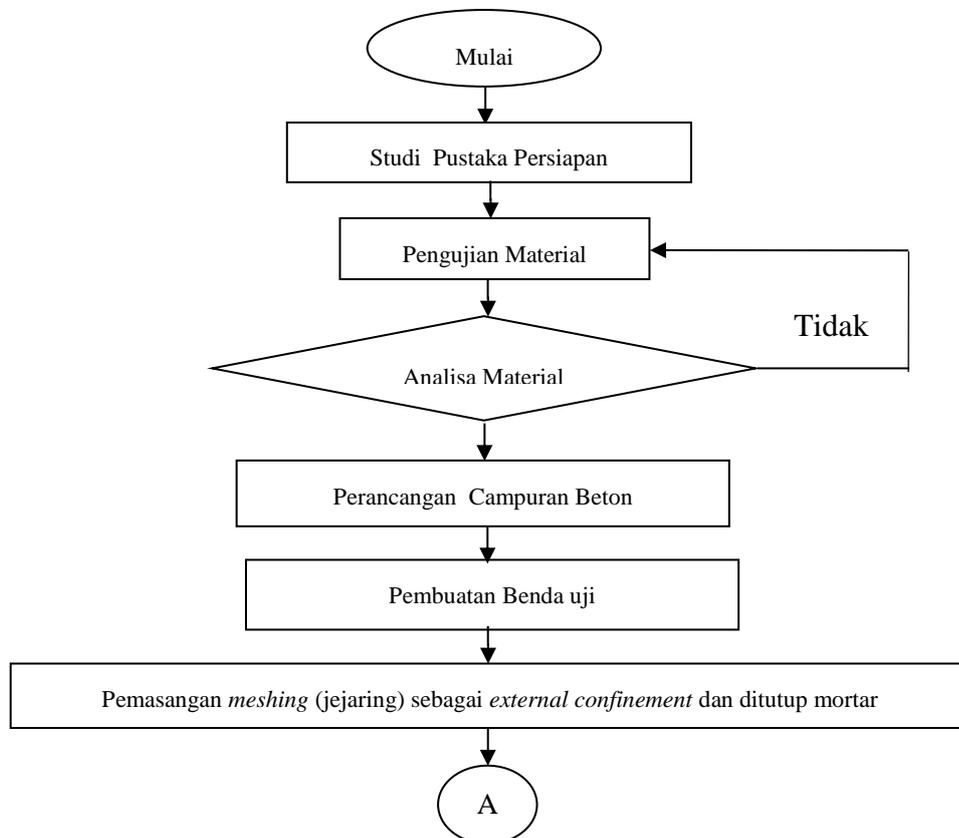


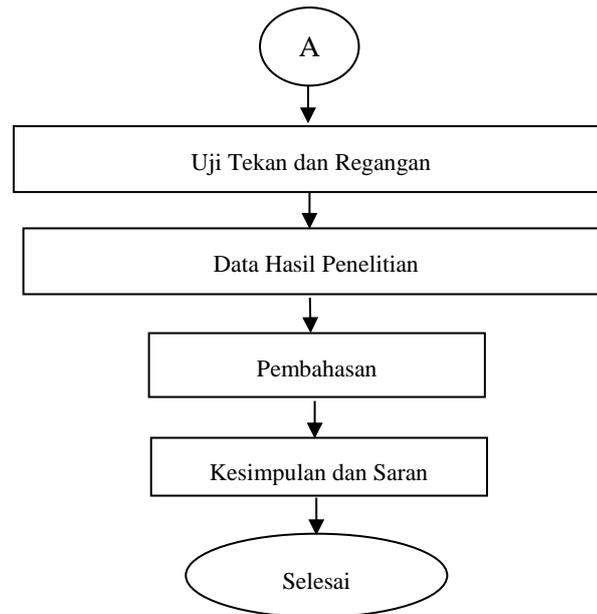
**Gambar 1 . Silinder Beton Tak Terkekang Dan Terkekang**



**Gambar 2. Penampang Melintang Silinder Beton tak Terkekang dan Terkekang**

Bagan Alir proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini





**Gambar 3. Bagan Alir Penelitian**

### HASIL PENELITIAN

Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut ( $P_{max}$ ).



**Gambar 4. Proses Uji Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan beton pada benda uji silinder dengan diameter 16cm dan tinggi 30cm diperoleh kuat tekan maksimum beton. Sebagai contoh perhitungan kuat tekan diambil data dari benda uji beton normal pada umur 28 hari, hasil uji kuat tekan beton disajikan pada pada Table 1.

**Tabel 1. Hasil Uji Kuat Tekan Beton**

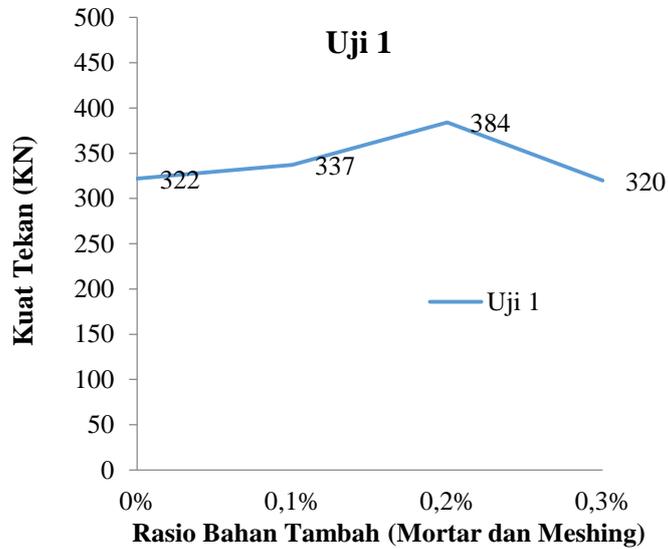
No	Tanggal		Umur hr	Kode Beton	Bentuk / Luas cm <sup>2</sup>	Campuran	Berat Kg	Slump cm	Kuat tekan		Standar Deviasi (Mpa)
	Cor	Pengujian							kN	Kg / cm <sup>2</sup>	
1	2/7/2018	30/07/2018	28	0%	Silinder/176,625	Site Mix	13,360	12	322	225,134	0.291
2	2/8/2018	30/07/2019	28	0%	Silinder/176,625	Site Mix	13,240	12	328	229,512	
3	2/9/2018	30/07/2020	28	0%	Silinder/176,625	Site Mix	13,230	12	330	230,912	
<b>Rata-rata</b>							13,277		326,666	228,579	
1	2/7/2018	30/07/2020	28	0,1 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,770	12	337	235,810	0.910
2	2/8/2018	30/07/2021	28	0,1 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,395	12	349	244,207	
3	2/9/2018	30/07/2022	28	0,1 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,482	12	363	254,003	
<b>Rata-rata</b>							16,549		349,667	244,673	
1	2/7/2018	30/07/2020	28	0,2 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,100	12	384	268,698	0.282
2	2/8/2018	30/07/2021	28	0,2 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,435	12	379	265,199	
3	2/9/2018	30/07/2022	28	0,2 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,430	12	376	263,100	
<b>Rata-rata</b>							16,322		379,667	265,665	
1	2/7/2018	30/07/2020	28	0,3 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,595	12	320	223,915	0,217
2	2/8/2018	30/07/2021	28	0,3 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,430	12	324	226,714	
3	2/9/2018	30/07/2022	28	0,3 %	Silinder/176,625	Site Mix	16,455	12	326	228,113	
<b>Rata-rata</b>							16,493		323,333	226,247	

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan dan Regangan Beton

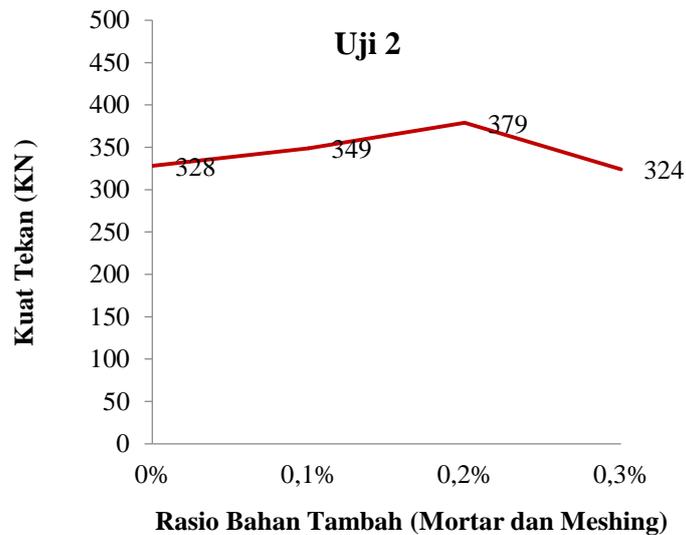
Interval	Benda Uji 1		Benda Uji 2		Benda Uji 3		Keterangan
	Dial Gage I (mm)	Dial Gage II (mm)	Dial Gage I (mm)	Dial Gage II (mm)	Dial Gage I (mm)	Dial Gage II (mm)	
<b>0%</b>							
100	9	91	28	78	80	12	Kuat tekan maksimum
200	15	86	38	71	89	8	
300	20	89	46	68	60	120	
326	30	94	80	83	50	125	
Rata-rata	74	360	192	300	279	265	
Total rata-rata		217		246		272	
<b>Kuat tekan</b>		<b>322</b>		<b>328</b>		<b>318</b>	
<b>0,1 %</b>							
100	10	6	75	25	10	13	Kuat tekan maksimum
200	19	7	85	23	17	13.5	
300	20	95	95	21	40	21	
349	35	85	30	35	310	43	
Rata-rata	84	193	285	104	377	90.5	
Total rata-rata		138.5		194.5		233.75	
<b>Kuat tekan</b>		<b>337</b>		<b>349</b>		<b>363</b>	
<b>0,2 %</b>							
100	91	6	10	87	5	9	Kuat tekan maksimum
200	95	7	8	90	10	10	
300	99	11	5	15	90	95	
379	110	60	30	65	110	30	
Rata-rata	395	84	53	257	215	144	
Total rata-rata		239.5		155		179.5	
<b>Kuat tekan</b>		<b>384</b>		<b>379</b>		<b>376</b>	
<b>0,3 %</b>							
100	5	18	25	85	30	70	Kuat tekan maksimum
200	12	30	28	87	45	85	
300	11	65	35	18	48	75	
323	10	80	50	60	55	80	
Rata-rata	38	193	138	250	178	310	
Total rata-rata		115.5		194		244	
<b>Kuat tekan</b>		<b>320</b>		<b>324</b>		<b>326</b>	

## PEMBAHASAN

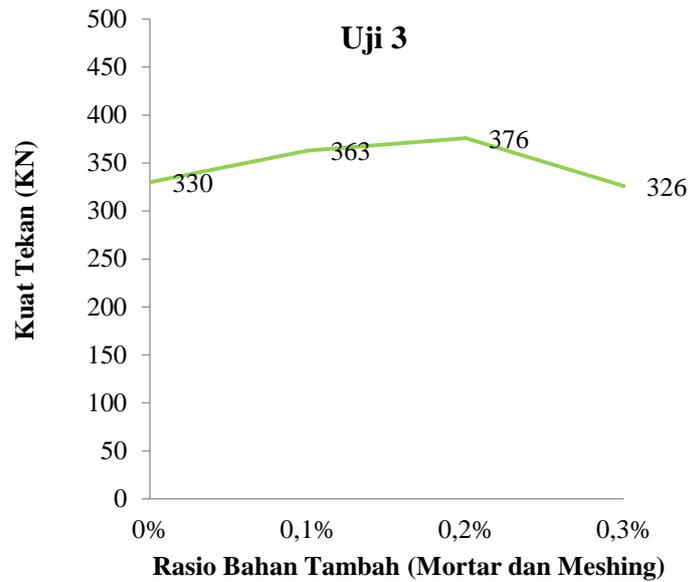
Hubungan antara kuat tekan dengan bahan tambah dapat kita lihat pada gambar 5, gambar 6, gambar 7 dan gambar 8.



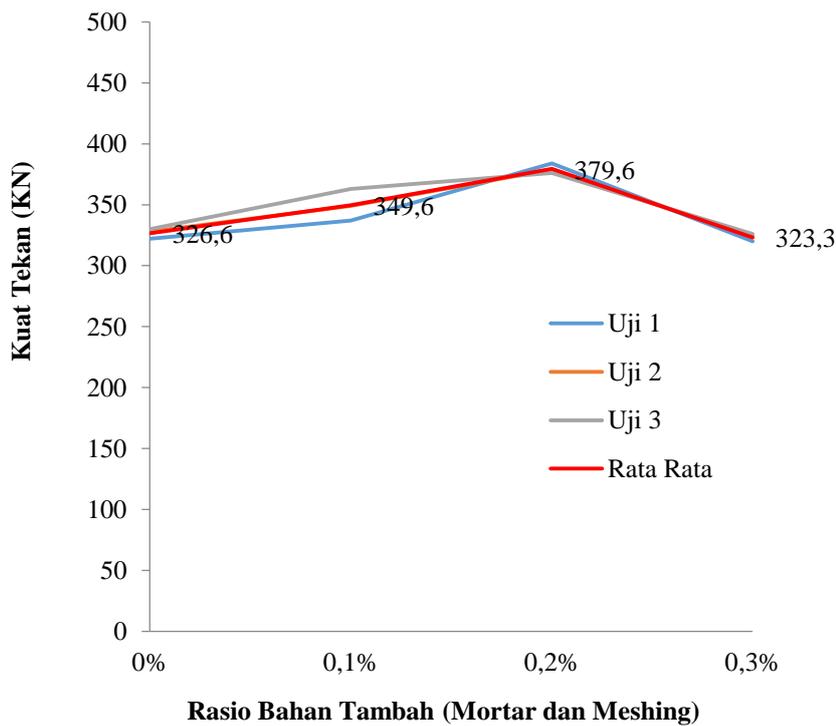
**Gambar 5. Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Bahan Tambah *Meshing* dan Mortar Sebagai *External Confinement***



**Gambar 6. Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Bahan Tambah *Meshing* dan Mortar Sebagai *External Confinement***



**Gambar 7. Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Bahan Tambah *Meshing* dan Mortar Sebagai *External Confinement***



**Gambar 8. Rata-Rata Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Bahan Tambah *Meshing* dan Mortar Sebagai *External Confinement***

Berdasarkan grafik pada gambar 5, 6, 7 dan 8 maka dapat dibuat keterangan sebagai berikut: Uji 1 (garis berwarna biru) menunjukan bahwa kekuatan tekan pada benda uji yang menggunakan *external confinement* 0% sebesar 322kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,1% sebesar 337kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,2% sebesar 384kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,3% sebesar 320kN. Uji 2 (garis berwarna merah tua) menunjukan bahwa kekuatan tekan pada benda uji yang menggunakan *external confinement* 0%

sebesar 328kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,1% sebesar 349kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,2% sebesar 379kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,3% sebesar 324kN. Uji 3 (garis berwarna hijau) menunjukan bahwa kekuatan tekan pada benda uji yang menggunakan *external confinement* 0% sebesar 330kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,1% sebesar 363kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,2% sebesar 376kN, benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,3% sebesar 326kN. Rata-rata (garis berwarna merah) berdasarkan pembahasan hasil uji kuat tekan silinder beton terkekang *meshing* dan mortar yang mendapat pembebanan maka dapat kita simpulkan sebagai berikut, untuk silinder beton tak terkekang atau 0 % *external confinement* memiliki kuat tekan rata-rata 362,6kN, kemudian untuk benda uji yang terkekang 0,1% memiliki kuat tekan maksimum 349,6kN, kemudian untuk benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,2% memiliki kuat tekan maksimum 379,6kN dan untuk benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,3% memiliki kuat tekan 323,3kN.

Grafik pada gambar 5, menunjukan peningkatan kuat tekan beton pada benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,1%, hal ini dipengaruhi oleh adanya kekekang luar yaitu *meshing* kawat AWG dan mortar yang mampu meminimalisir retakan pada beton sehingga kuat tekan lebih besar jika dibanding dengan benda uji yang tak terkekang. Peningkatan kuat tekan yang paling efektif terjadi pada benda uji yang menggunakan *external confinement* 0,2% hal ini dianggap efektif karena pada komposisi penggunaan bahan tambah tidak terlalu sedikit namun juga tidak terlalu banyak sehingga paku yang tertanam pada beton juga tidak terlalu banyak. Namun apabila *external confinement* sebesar 0,3% justru akan mengurangi kuat tekan, kemungkinan hal ini disebabkan oleh banyaknya paku yang tertanam pada beton sehingga menimbulkan rongga lebih banyak yang mengurangi ikatan pada beton sehingga menyebabkan kuat tekan beton menjadi lebih rendah,

Perbedaan hasil atau selisih diantara rasio *volumetric external confinement* ada pada table 3 berikut dengan komposisi *external confinement* yang digunakan adalah 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%.

**Tabel 3. Selisih Kuat Tekan Rasio *volumetric external confinement***

Komposisi	Fc Rata-rata (Mpa)	Selisih (Mpa)	Persentase Kenaikan
0%	22,857	0	0%
0,1%	24,467	1,174	6,967%
0,2%	26,566	1,535	16,227%
0,3%	22,624	-2,875	-1,019%

Kuat tekan pada komposisi *external confinement* 0,1% dan 0,2% mengalami peningkatan namun untuk kuat tekan pada komposisi *external confinement* 0,3% mengalami penurunan, kemungkinan turunya kuat tekan pada komposisi ini disebabkan oleh banyaknya paku yang tertanam pada beton sehingga menimbulkan rongga yang lebih banyak yang menyebabkan kuat tekannya menurun jika dibandingkan dengan komposisi *external confinement* yang lain.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan hasil pengujian silinder beton terkekang *meshing* dan mortar yang mendapat pembebanan, maka dapat disimpulkan bahwa Kuat tekan maksimum paling besar berada pada komposisi 0,2% sebesar 379,666kN, sedangkan kuat tekan maksimum yang paling kecil berada pada komposisi *external confinement meshing* 0,3% sebesar 311,333kN. Terjadinya penurunan kuat tekan pada komposisi 0,3% disebabkan oleh banyaknya paku yang tertanam pada beton sehingga mengurangi ikatan beton sehingga kekuatannya lebih rendah jika dibandingkan dengan yang *external confinement* 0,2%. Penambahan *external confinement meshing* yang paling efektif terdapat pada komposisi 0,2% karena mengalami kenaikan kuat tekan hingga 16,227%, selain menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi juga penambahan *meshing* pada paku yang tertanam tidak terlalu rapat

sehingga *external confinement meshing* yang digunakan bisa lebih hemat apabila dibandingkan dengan komposisi *external confinement meshing* 0,3%.

*Dial guage* digunakan untuk mengetahui regangan beton baik yang terkekang ataupun tidak terkekang, dari hasil penelitian tersebut didapatkan kesimpulan semakin tinggi tekanan yang diberikan maka semakin besar pula regangan yang ditimbulkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Atmajayanti, A. T., Satyarno, I., & Saputra, A. (24-26 Oktober 2013). *Pengaruh Penggunaan Wire Rope Sebagai Perkuatan lentur Terhadap Kekuatan Dan Daktilitas Balok beton bertulang Tampang T. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (Konteks 7)* (pp. 47-52). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Eksana W, D., Triwiyono, A., & Siswosukarto, S. (2012). Perkuatan Geser Kolom Bertulang Berpenampang Persegi Dengan Kawat Kasa Metode Mortar Jacketing Berpenampang Bulat. *INERSIA Vol VIII*, 77-90.
- Endah, S., Imran, I., & Nuroji. (2017). *Concrete Strength Enhancement Due To External Steel Ring Confinement . Procedia Engineering 171* (pp. 934-939). Semarang: SCESCM 2016.
- Hermawan, R., Wibowo, A., & Nurlina, S. (2015). Prilaku Geser Dinding Panel Jaring Kawat Baja Tiga Dimensi Dengan Variasi Rasio Tinggi dan Lebar (Hw/Lw) Terhadap Beban Lateral statik. *Jurnal Skripsi*, 1-11.
- Kurniansyah, A., Elvira, & Yusuf, M. (2013). Pengaruh Pengekangan (*Confinement*) Dengan Variasi Jarak Sengkang Terhadap Peningkatan Kapasitas Kekuatan Kolom. *Jurnal Teknik Sipil Untan Volume 13*, 115-130.
- Mosheer. (2016). *Strengthening and Rehabilitation of Reinforcement Concrete Square Columns Confined with External Steel Collar. Kufa Jurnal of Engineering*, 129-142.
- Muslikh. (2005). *Pengaruh Kekuatan Terhadap Interaksi Gaya Aksial dan Momen Ultimit Pada Kolom Tubular Komposit Lingkaran . Bandung: Institut Teknologi Bandung.*
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton Dari Matrial Pembuatan ke Beton Kinerja Tinggi. Surabaya: C.V ANDI OFFSET.*
- Nuroji, & Safitri, E. (2012). *Pengaruh Beban Aksial Tekan Terhadap Daktilitas Penampang Beton Bertulang.* Semarang: Universitas Diponegoro.
- Park, & Paulay. (1975). *Reinforced Concrete Structures . New York: John Wiley & Sons Inc.*