

Efek Sistem Retrofit dengan Wiremesh Terhadap Kapasitas Lekatan dan Lentur Balok Beton Bertulang

Andi Arwin Amiruddin^{*1}, Herman Parung¹, Achmad Bakri Muhidin¹, Ardy Arsyad¹

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6 Bontomarannu-Gowa, 92171

*Email: a.arwinamiruddin@yahoo.com

Abstrak

Dalam paper ini, diperkenalkan sebuah teknik baru untuk memperkuat beton bertulang terhadap gempa. Teknik dengan metode retrofit membutuhkan pembungkus tipis-kekuatan tinggi wire mesh di bawah balok untuk meningkatkan kekuatan lentur. Oleh karena itu, penting untuk menentukan kapasitas lekatan antara wire mesh dan beton. Studi eksperimental disajikan untuk mengukur kapasitas lekatan antara wire mesh dan blok beton sebagai matriks dengan menggunakan pengujian tarik dan penentuan kekuatan lentur dari RC balok eksternal diperkuat dengan baja-kekuatan tinggi wire mesh dengan pengujian empat titik lentur. Sebuah studi parametrik dilakukan untuk meneliti efek dari parameter varian desain seperti diameter baja tulangan, beton normal (NVC), beton pematatan-sendiri (SCC), kuat tekan, ketebalan dan jarak dari grid, dan jenis grid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas lekatan meningkat antara wire mesh dan SCC, dan juga kekuatan lentur dari balok beton bertulang dapat ditingkatkan secara signifikan dengan membungkus wire mesh di bagian bawah balok beton bertulang.

Abstract

Retrofit Sistem Effect Using Wiremesh to Bond and Flexure Capacities of RC Beams. In this paper, a new technique for seismic strengthening for RC beams is presented. The technique by seismic retrofit method requires wrapping thin high-strength wire mesh under the beams to improve flexural strength. Therefore, it is important to determine the bond capacity between wire mesh and concrete. Experimental studies are presented quantify the bond capacities between wire mesh and concrete block as a matrix by using pullout test and quantify the gain in flexural strength of RC beams externally reinforced by means of high-strength wire mesh with four point bending test. A parametric study is conducted to examine the effects of variants design parameters such as bars diameter, normal vibrated concrete (NVC), self-compacting concrete (SCC), compressive strength, thickness and spacing of grids, and type of grids. The results indicate that the bond capacity increased between wire mesh and SCC, and also the flexural strength of RC beams can be significantly increased by wrapping high-strength wire mesh under the beams.

Kata kunci: kapasitas obligasi, kapasitas lentur, metode retrofit, wire mesh, SCC

I. Pendahuluan

Salah satu yang harus diperhatikan pada beton bertulang adalah lekatan antara tulangan dan beton. Penulangan pada beton berguna untuk meningkatkan bagian tarik yang tergantung pada kompatibilitas dari kedua material untuk bekerja bersama-sama dalam menahan gaya-gaya luar yang bekerja. Oleh karena itu, diperlukan kekuatan lekat yang diperoleh dari beberapa parameter, seperti kerjasama yang baik antara permukaan beton dan baja dan tekanan beton yang besar untuk melawan baja tulangan karena disebabkan oleh adanya susut beton (*drying shrinkage of concrete*). Ditambah adanya friksi

interlocking pada bentuk permukaan tulangan dan beton yang disebabkan pergerakan mikro tulangan hingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap terjadinya slip. Efek yang bekerja tersebut dinamakan lekatan (*bond*).

Self-Compacting Concrete (SCC) telah dikembangkan untuk pertama kalinya di Jepang. SCC adalah beton yang memiliki fluiditas cukup tinggi dengan penambahan water-reducing superplasticizer dan memiliki kuat tekan tinggi bila dibandingkan dengan dengan *Normal Vibrated Concrete* (NVC). Menurut Okumura dan Ouchi (1999), self-compacting concrete dapat mengurangi kerja konstruksi karena adanya *knock-on* yang dapat berefek pada ketahan



(durability) beton dan mengurangi sejumlah *skill* pekerja.



Gambar 1. Visualisasi *wire mesh*

Menurut Nawy [1], ada tiga jenis percobaan yang dapat menentukan kualitas lekatan elemen tulangan, yaitu *pullout test*, *embedded-rod test* dan *beam test*. Yang perlu diperhatikan pada percobaan *pullout* adalah bahwa gaya tarik yang digunakan adalah gaya tarik aksial dan tegangan lekat yang terjadi tentunya tegangan lekat aksial. Percobaan *pullout test* dapat memberikan perbandingan lekatan yang efisien terhadap berbagai variasi permukaan tulangan dan panjang tulangan yang tertanam di dalam beton. *Wire mesh* (Gambar 1) adalah jaring kawat baja las yang berkualitas tinggi, setiap detil *wire mesh* dibuat dengan pengawasan yang sangat teliti. Dimana mulai dari pemilihan material atau bahan yaitu besi melalui kontrol yang ketat kemudian dilas dengan mesin las otomatis yang berteknologi tinggi, sehingga menghasilkan *wire mesh* berkualitas tinggi.

Perbaikan struktur pada umumnya bertujuan untuk mengembalikan atau meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sesuai dengan beban rencana. Umumnya, struktur perlu perkuatan apabila terjadi perubahan fungsi bangunan sehingga perlu tambahan faktor keamanan atau pada saat perencanaan, elemen-elemen strukturnya dirancang sesuai tata cara yang lama dimana beban gempa nominalnya lebih rendah dari yang ditetapkan oleh tata cara yang baru. Adapun perubahan fungsi suatu struktur bangunan di kemudian hari, dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan, sebab pembebanan aktual

yang dialami ternyata melebihi beban rencana yang telah diperhitungkan. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kekuatan struktur bangunan pada kondisi existing dan perkuatan (strengthening) bila diperlukan sebelum struktur diberi beban yang baru. Salah satu cara perkuatan adalah dengan metode *retrofit (external reinforcement)*. Balok beton *existing* dapat diperkuat untuk menahan beban dengan cara menempelkan *wire mesh* yang dilapisi SCC pada daerah lentur, daerah geser dan atau pada daerah kombinasi lentur dan geser balok dan kolom. Dengan penambahan ini diharapkan *wire mesh* dapat membantu meningkatkan kemampuan balok untuk menahan beban.

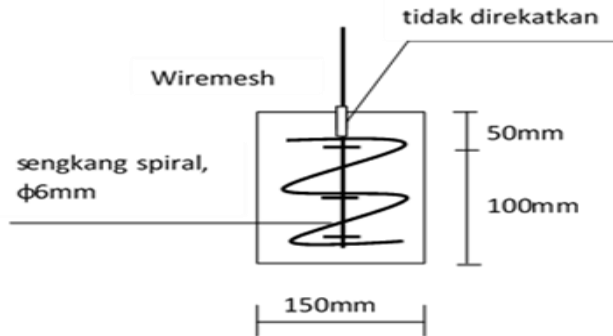
II. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan kajian efek sistem retrofit dengan *wire mes* terhadap kapasitas lekatan dan kapasitas lentur balok beton bertulang. Pada penelitian ini dilakukan dengan 2 (dua) pengujian, yaitu pengujian *pullout* untuk mendapatkan nilai kapasitas lekatan dan pengujian lentur untuk mendapatkan kapasitas lentur balok beton bertulang. Dalam penelitian beton ini, perancangan campuran beton (*mix design*) dengan metode SK.SNI T-15-1990-03. Metode pengujian mengacu pada ASTM C39-86 “*Standard Test Method For Compressive Cylindrical Concrete Spesimens*” (ASTM, 1993) dengan benda uji silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Riset Gempa Prodi Sipil Unhas.

1. Benda Uji Pullout

Peningkatan kapasitas lekatan *wire mesh* terhadap kubus NVC dan SCC penting untuk mengetahui efek dari aksi penulangan terhadap peningkatan kemampuan menahan peningkatan beban tarik. Untuk mendukung ini, maka diadakan studi dengan membuat material benda uji kubus beton yang dibedakan menjadi 2 tipe (Tabel 1) dan masing-masing tipe terdiri dari 3 benda uji kubus beton. Variasi *wire mesh* yang digunakan adalah 25mm x 25mm ber-diameter 2mm (D2) dan *wire mesh* ukuran 50mm x 50mm ber-diameter 3mm (D3). Tipe 1 adalah balok beton

normal (NVC-D2 dan NVC-D3) diasumsikan sebagai kontrol, dan tipe 2 adalah SCC (SCC-D2 dan SCC-D3). Kuat tekan beton rencana 25MPa dan panjang penyaluran yang direncanakan 100mm, serta yang tidak direkatkan sebesar 50mm seperti terlihat pada Gambar 2. Adapun penggunaan sengkang spiral $\phi 6$ mm dalam kubus beton adalah untuk pengekanan.



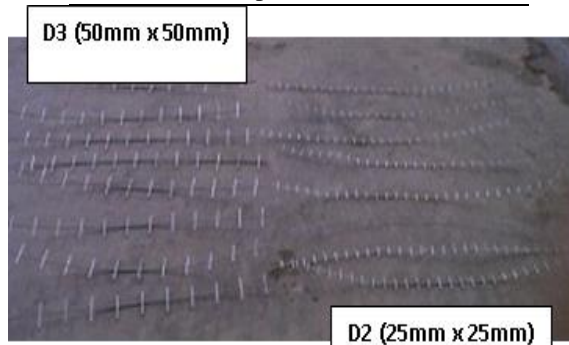
Gambar 2. Dimensi benda uji pullout

Tabel 1. Tipe Benda Uji Pullout

Type	Wire mesh (dimensi)	
NVC	D2	25mm x 25mm
	D3	50mm x 50mm
SCC	D2	25mm x 25mm
	D3	50mm x 50mm

Tabel 2. Material NVC dan SCC

Material	Kuat tekan (N/mm ²)	
NVC	Desain	25
	Eksperimen	26.3
SCC	Desain	25
	Eksperimen	28.4

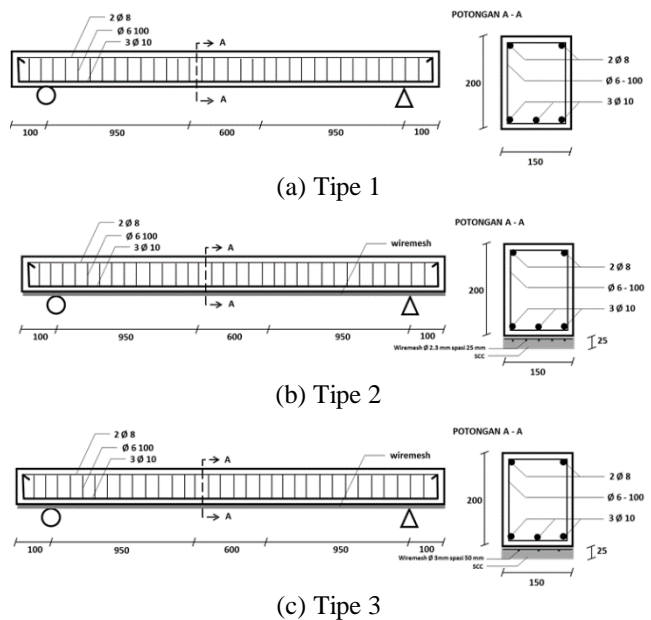


Gambar 3. Tipe wire mesh

Komponen yang digunakan dalam penelitian ini adalah NVC, SCC, dan *wire mesh*. Adapun Hasil pengujian beton normal dan SCC dapat dilihat pada Tabel 2. Tipe *wire mesh* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.

2. Benda Uji Balok Lentur

Peningkatan kapasitas lentur pada balok yang diretrofit dengan *wire mesh* dan SCC sangat penting untuk mengetahui efek dari aksi penulangan terhadap peningkatan kemampuan menahan peningkatan beban. Oleh karena itu, maka diadakan studi dengan membuat material benda uji balok beton yang dibedakan menjadi 3 tipe dan masing-masing tipe terdiri dari 2 benda uji beton. Tipe 1 adalah balok beton normal (NVC) tanpa *wire mesh* yang diasumsikan sebagai balok kontrol, tipe 2 (WK) adalah SCC (tebal 25mm) dengan *wire mesh* yang dipasang di sisi lentur (bagian bawah balok beton normal) sebanyak 1 (satu) lapis dengan diameter grid 2.5mm dan spasi 25 x 25mm dan tipe 3 (WB) adalah SCC (tebal 25mm) dengan *wire mesh* yang dipasang di sisi lentur (bagian bawah balok beton normal) sebanyak 1 (satu) lapis dengan diameter grid 3mm dan spasi 50 x 50mm seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Detail tipe benda uji balok lentur



Gambar 5. Tipe benda uji balok lentur

Material properties yang digunakan sama pada pembuatan benda uji *pullout* (lihat Tabel 2). Gambar 5 adalah tipe benda uji balok lentur, yaitu tipe 1 (balok kontrol), tipe 2 (*wire mesh* $D2.5\text{mm} = 25 \times 25\text{mm}$, $\text{SCC} = 25\text{mm}$), dan tipe 3 (*wire mesh* $D3.0\text{mm} = 50 \times 50\text{mm}$, $\text{SCC} = 25\text{mm}$).

3. Set-Up Pengujian *Pullout* dan Balok Lentur

Untuk melihat pengujian *pullout* dan pengujian lentur pada balok beton bertulang dapat dilihat pada Gambar 6.



(a) Pengujian *Pullout*



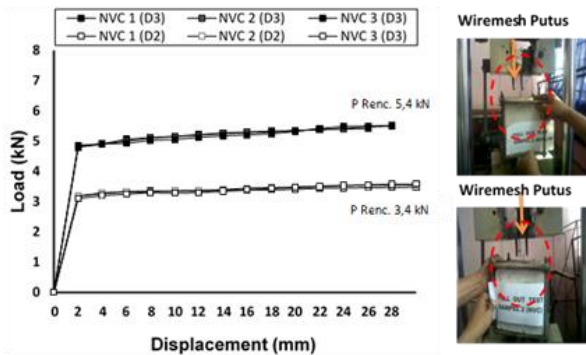
(b) Pengujian Balok Lentur

Gambar 6. Set-up pengujian *pullout* dan balok lentur

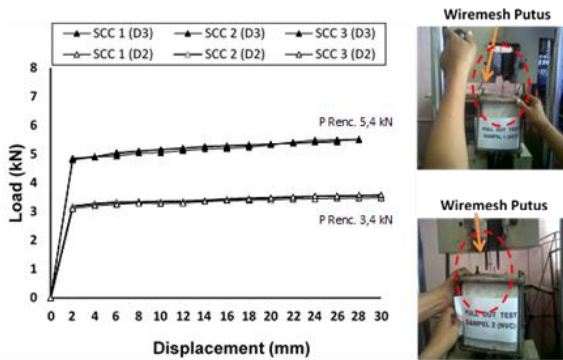
III. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Pullout

Pada Gambar 7(a) pengujian *pullout* pada beton NVC-D2 (*wiremesh* $25\text{mm} \times 25\text{mm} \times 2\text{mm}$) diperoleh nilai beban tarik masing-masing sebesar 3,54 kN (sampel 1), 3,48 kN (sampel 2) dan 3,58 kN (sampel 3), untuk NVC-D3 (*wiremesh* $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 3\text{mm}$) diperoleh nilai beban tarik masing-masing sebesar 5,38 kN (Sampel 1), 5,42 kN (Sampel 2) dan 5,35 kN (Sampel 3) dimana pada saat *pullout* test yang terjadi adalah semua jenis *wiremesh* putus, hal tersebut disebabkan karena adanya adhesi, friksi dan interlocking beton terhadap *wiremesh* yang cukup besar hingga melewati beban maksimum *wiremesh* serta adanya efek confinement (efek pengekanan) sengkang spiral dan efek gripping beton yang menambah kekuatan beton terhadap *wiremesh*. Gambar 7(b) memperlihatkan hasil pengujian *pullout* pada beton SCC-D2 (*wiremesh* $25\text{mm} \times 25\text{mm} \times 2\text{mm}$) diperoleh nilai beban tarik masing-masing sebesar 3,48 kN (sampel 1), 3,56 kN (sampel 2) dan 3,58 kN (sampel 3), dan untuk SCC-D3 (*wiremesh* $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 3\text{mm}$) diperoleh nilai beban tarik masing-masing sebesar 5,42 kN (sampel 1), 5,50 kN (sampel 2) dan 5,52 kN (sampel 3) dimana pada saat *pullout* test yang terjadi adalah semua jenis *Wiremesh* putus. Hal ini disebabkan karena kualitas dari *wiremesh* itu sendiri tidak mampu menahan tegangan yang ada sehingga mencapai tegangan leleh dan akhirnya putus. Namun nilai tegangan pada *pullout* test yang mengakibatkan *wiremesh* putus lebih besar dari nilai tegangan yang mengakibatkan putus pada uji tarik *wiremesh*.

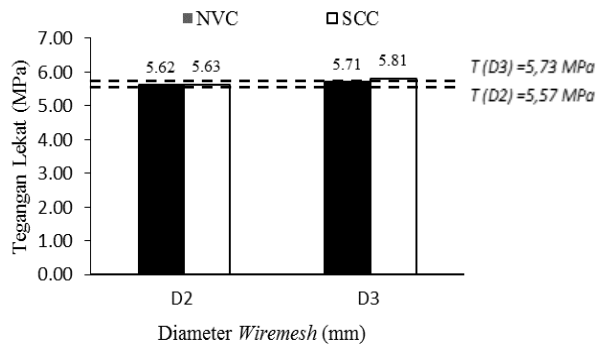


(a) Hasil Pengujian Pullout Beton NVC



(b) Hasil Pengujian Pullout Beton SCC

Gambar 7. Grafik pengujian pullout pada beton NVC dan SCC



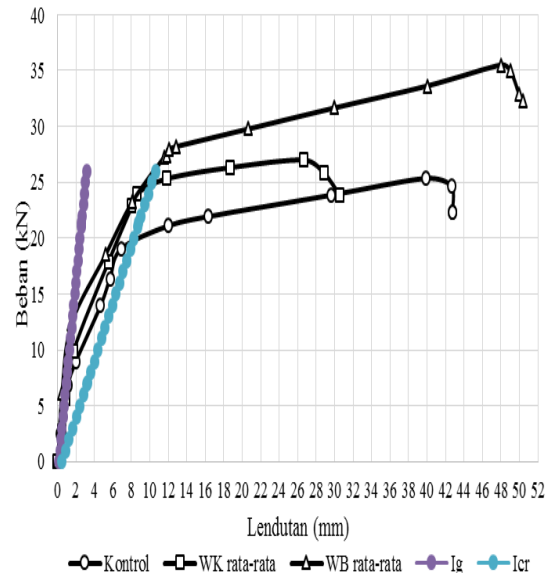
Gambar 8. Tegangan lekat vs diameter wiremesh beton NVC dan SCC

Dari penelitian yang dilakukan pada beton NVC dan SCC terjadi keruntuhan putus untuk semua sampel wiremesh 25mm x 25mm x 2mm dan wiremesh 50mm x 50mm x 3mm. Hal ini disebabkan karena wiremesh mampu memberikan lekatan yang cukup terhadap NVC dan SCC sehingga tidak terjadi slip. Namun nilai tegangan pada pullout test yang mengakibatkan material wiremesh putus lebih besar dari nilai

tegangannya yang mengakibatkan putus pada uji tarik wiremesh. Untuk mengetahui nilai tegangan lekat pada NVC dan SCC dapat dilakukan dengan menggunakan wiremesh dua layer bahkan lebih dan disarankan menggunakan wiremesh yang diameternya lebih besar dari percobaan ini. Terlihat bahwa semakin besar diameter wiremesh yang digunakan maka semakin besar pula tegangan lekat yang terjadi (Gambar 8).

2. Balok Lentur

Instrument dan prosedur pengujian dengan pengujian lentur dapat dilihat pada Gambar 6. Pengujian balok beton ini untuk mengetahui kemampuan balok dalam memikul beban. Pembacaan dial gauge untuk pengujian balok dilaksanakan setiap pembebanan 1 kN. Untuk mencatat lendutan yang terjadi pada balok dipasang 3 dial yang ditempatkan pada bagian bawah balok. Gambar 9 memperlihatkan peningkatan kapasitas beban seiring dengan perbesaran diameter Wiremesh. Dimana pada Balok Kontrol kapasitas beban maksimum yaitu sebesar 25.357 kN. Setelah diberi perkuatan yaitu pada Balok Tipe 2 (WK), maka kapasitas beban maksimal meningkat sebesar 26.989 kN, kemudian ketika diameter Wiremesh diperbesar pada Balok Tipe 3 (WB) kapasitas beban maksimum mengalami kenaikan hingga mencapai 35.514 kN.



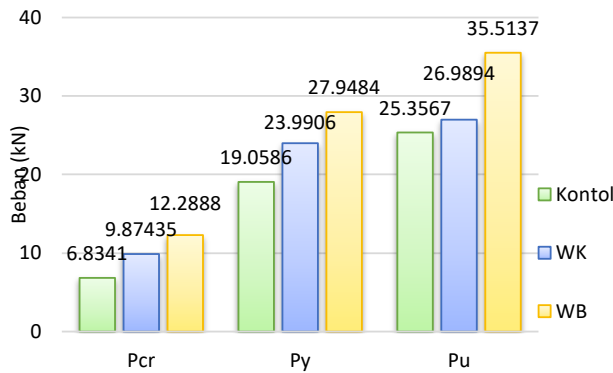
Gambar 9. Hubungan beban dan lendutan



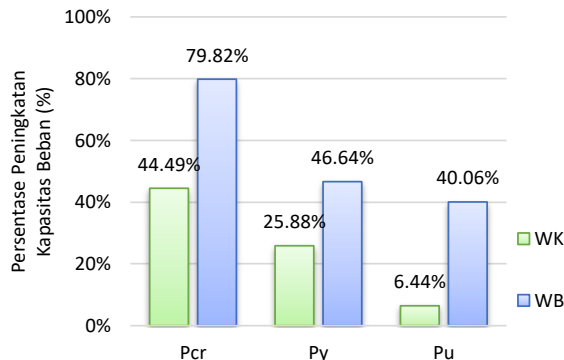
Tabel 3. Persentase Peningkatan Kapasitas Beban

Tipe	Beban (kN)			Persentase Peningkatan		
	Pcr	Py	Pu	Pcr	Py	Pu
Kontrol	6.8341	19.0586	25.3567	-	-	-
WK rata-rata	9.87435	23.9906	26.9894	44.49%	25.88%	6.44%
WB rata-rata	12.2888	27.9484	35.5137	79.82%	46.64%	40.06%

Tabel 3 menjelaskan peningkatan kapasitas beban seiring dengan perbesaran diameter wiremesh. Dimana pada Balok kontrol kapasitas beban maksimumnya yaitu sebesar 25.357 kN. Setelah diberi perkuatan yaitu pada Balok WK, maka kapasitas beban maksimal meningkat sebesar 26.989 kN. Namun ketika diameter wiremesh diperbesar pada Balok WB kapasitas beban maksimumnya mengalami kenaikan hingga mencapai 35.514 kN. Peningkatan kapasitas beban lebih jelas terlihat pada Gambar 10 seperti berikut:



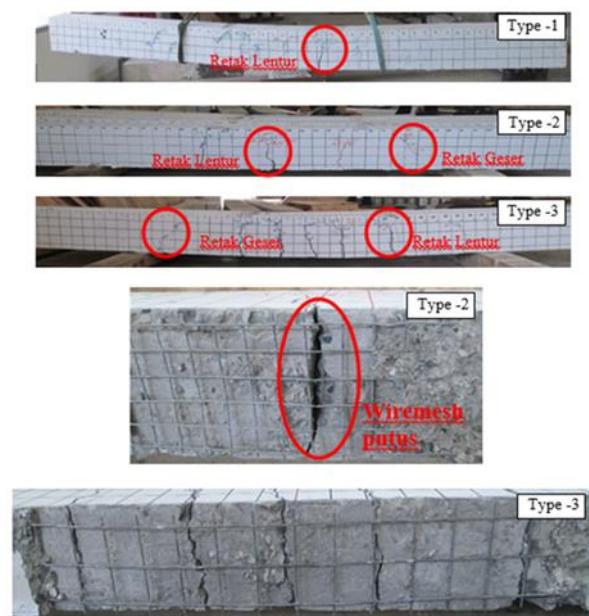
(a) Histogram Beban



(b) Persentase Peningkatan Beban Balok dengan Perkuatan Wiremesh + SCC terhadap Kontrol

Gambar 10. Beban dan peningkatan terhadap balok kontrol

Berdasarkan Gambar 10 dapat dijelaskan bahwa beban maksimum rata-rata untuk Balok WK yaitu sebesar 26.9894 kN dan momen ultimit sebesar 12.82 kNm dengan persentasi peningkatan kekuatan balok terhadap balok kontrol sebesar 6.44%. Sedangkan untuk Balok WB terlihat bahwa beban maksimum rata-rata sebesar 35.5137 kN dan momen ultimit sebesar 16.87 kNm dengan persentasi peningkatan perkuatannya sebesar 40.06 % terhadap balok normal. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk Balok WB, lebih besar dalam menahan terjadinya lentur dibandingkan dengan Balok WK. Ini karena pengaruh diameter wiremesh yang diberikan pada perkuatan balok , dimana pada Balok WB menggunakan Wiremesh Ø 2.3 mm spasi 2.5 cm pada permukaan penuh dan dilapisi SCC setebal 2.5cm, sedangkan pada Balok WB menggunakan Wiremesh Ø 3 mm spasi 5 cm pada permukaan penuh dan dilapisi SCC setebal 2.5cm.



Gambar 11. Penjalaran retak dan mode kegagalan balok beton

Gambar 11 memperlihatkan Mode kegagalan yang terjadi pada balok seluruhnya mengalami leleh pada tulangan lentur akan tetapi pada balok Type-2 terjadi putus pada Wiremesh karena tidak mampu menahan beban yang diberikan pada balok. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan SCC memberikan lekatan yang cukup pada Wiremesh maupun pada balok eksisting. Sedangkan pada balok Type-3, Wiremesh masih dalam keadaan utuh. Hal ini menunjukkan bahwa Wiremesh mampu menahan beban yang diberikan pada balok hingga inti beton rusak karena tekanan yang diberikan.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada pengujian *pullout*, semua wiremesh putus disemua benda uji. Wiremesh memiliki lekatan yang cukup untuk menghindari terjadinya slip. Besarnya beban diperoleh rata-rata untuk SCC Mesh 25mm x 25mm x 2mm = 3,54 kN, 50mm x 50mm x 3mm = 5,51 kN dan Beton Normal (NVC) Mesh 25mm x 25mm x 2mm = 3,56 kN, 50mm x 50mm x 3mm = 5,42 kN.
2. Tegangan lekat rata-rata Beton NVC Mesh 25mm x 25mm x 2mm = 5,62 MPa, Mesh 50mm x 50mm x 3mm = 5,71 MPa dan SCC diperoleh tegangan lekat rata-rata 25mm x 25mm x 2mm = 5,62 MPa, Mesh 50mm x 50mm x 3mm = 5,81 MPa. Tegangan lekat rata-rata Beton NVC Mesh 25mm x 25mm x 2mm = 5,62 MPa, Mesh 50mm x 50mm x 3mm = 5,71 MPa dan SCC diperoleh tegangan lekat rata-rata 25mm x 25mm x 2mm = 5,62 MPa, Mesh 50mm x 50mm x 3mm = 5,81 MPa.
3. Pada pengujian balok lentur, Lapisan Wiremesh dan SCC mampu meningkatkan

kapasitas beban pada balok WK sebesar 6.44 % dan untuk balok WB sebesar 40.06 % terhadap balok normal.

4. Pola retak pada balok kontrol seluruhnya mengalami retak lentur akan tetapi pola retak yang terjadi pada balok yang telah diberi perkuatan mengalami retak lentur dan geser. Hal ini terjadi akibat lapisan Wiremesh dan SCC menyebabkan meningkatnya kekuatan pada balok dalam menahan gaya lentur yang diberikan, namun peningkatan kekuatan ini menyebabkan tulangan geser tidak mampu menahan gaya geser yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] Nawi, Edward. G., 1998. *Beton Bertulang. Jilid 1. Bandung*: Refika Aditama.
- [2] Adiana, Sang M., Lusman. 2011. *Studi Kekuatan Tulangan Ulir dengan Menggunakan Material Self Compacting Concrete*. Skripsi tidak diterbitkan, Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar.
- [3] American Standard for Testing and Material. 2003. *Annual Book of ASTM. Concrete and Aggregates. Volume 04.02. US and Canada*.
- [4] Amiruddin, Andi Arwin. 2009. *A Study On Seismic Retrofit Design of Existing RC Bridge Piers Using CFRP Grid and PCM Shotcrete*. Kyusu University. Japan.
- [5] Dualembang, Hery. 2014. *Studi Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang dengan Metode Retrofit Menggunakan Wiremesh dan SCC*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [6] Nugroho, Paul dan Anthoni. 2007. *Teknologi Beton*, Andi Yogyakarta.
- [7] Panggoa, Vinriani. 2011. *Studi Kekuatan Lektan Antara Tulangan Polos terhadap Material SCC*. Skripsi tidak diterbitkan. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [8] Standar Nasional Indonesia, 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. SNI-03-2847-2002*. Badan Standarnisasi Nasional.
- [9] *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use*. 2005.

