

KUAT TEKAN KOLOM BETON RINGAN YANG DIPERKUAT DENGAN CARBON FIBER REINFORCED POLYMER TUBE

Butje A. Louk Fanggi¹, Anastasia H. Muda², Abia E. Mata³, Albert A. Umbu Nday⁴,
Melchior Bria⁵, dan Ambrosius R.L. Wayan⁶

¹ Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adi Sucipto-Penfui, 85000

E-mail: butje.loukfanggi@pnk.ac.id

² Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adi Sucipto-Penfui, 85000

E-mail: anastasia.muda@pnk.ac.id

³ Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adi Sucipto-Penfui, 85000

⁴ Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adi Sucipto-Penfui, 85000

E-mail: albert.umbu@pnk.ac.id

⁵ Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adi Sucipto-Penfui, 85000

E-mail: melchior.bria@pnk.ac.id

⁶ Politeknik Negeri Kupang, Jln. Adi Sucipto-Penfui, 85000

E-mail: ambros.wayan@pnk.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji sejauhmana FRP tube yang terbuat dari Carbon Fiber Sheet efektif digunakan sebagai material perkuatan kolom beton ringan pada saat kolom tersebut dibebani secara tekan sentris. Sejumlah delapan buah silinder beton ringan dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dicetak dan dites hingga hancur. Kedelapan silinder tersebut terdiri dari dua buah silinder tanpa perkuatan, empat buah silinder dengan perkuatan menggunakan FRP tube, dan dua buah silinder dengan perkuatan menggunakan FRP wrapping. Hasil penelitian ini tidak dapat menunjukkan sejauhmana FRP tube maupun wrapping efektif digunakan untuk memperkuat beton ringan karena benda uji miring. Walaupun demikian, tampak bahwa FRP tube dengan 3 lapis sangat efektif untuk memperkuat beton ringan. Karena itu, untuk mengatasi masalah kemiringan pada benda uji yang diperkuat dengan FRP tube, perlu digunakan bekesting pada saat pengecoran.

Kata kunci: Beton Ringan, FRP tube, Kolom, Kuat Tekan.

PENDAHULUAN

Beton ringan menawarkan berbagai kelebihan yang tidak dapat ditemukan pada beton lainnya (seperti beton normal). Kelebihannya antara lain ringan, bersifat isolasi terhadap panas, tahan, api, dan kedap suara. Namun demikian penggunaan beton ringan masih terbatas karena adanya beberapa kelemahan yang dimiliki oleh beton tersebut, seperti kuat tekan dan tarik yang rendah, bersifat getas, dan daktilitas yang rendah (Zhou, dkk. 2010). Karena itu beton ringan paling banyak ditemukan dilapangan hanya digunakan sebagai material untuk tembok pengisi dan material non struktur atau material yang tidak memikul beban (Zhou, dkk 2010).

Penggunaan Fiber Reinforced Polimer (FRP) sebagai material untuk perkuatan atau perbaikan struktur beton telah dikenal secara luas. Banyak penelitian telah dilakukan untuk menguji sejauhmana FRP efektif dalam memperkuat/ memperbaiki struktur beton lama dengan pembungkusan/ wrapping dan hasil

dari penelitian-penelitian tersebut telah menunjukkan bahwa FRP sangat efektif bila digunakan dalam perkuatan beton lama karena adanya peningkatan kekuatan dan daktilitas yang sangat signifikan dari beton yang diperkuat/ dibungkus dengan FRP (Wu, dkk 2008, Hadi dan Fanggi 2012)

Selain sebagai pembungkus eksternal dari beton lama, potensi penggunaan FRP dalam memperkuat struktur beton baru dalam bentuk FRP tube juga telah diteliti oleh banyak peneliti secara luas. Sama seperti pembungkus beton lama, hasil penelitian terhadap struktur beton baru yang diperkuat dengan FRP tube telah menunjukkan bahwa kolom yang diperkuat dengan FRP tube maupun kolom yang diperkuat dengan double tube yaitu FRP tube pada bagian luar dan Steel tube pada bagian dalam sangat efektif dalam membungkus beton yang ada didalamnya (Fam dan Riskalla 2010, Hong dan Kim 2004, Mohamed dan Masmoudi 2010, Ozbakkaloglu 2012, Fanggi dan Ozbakkaloglu 2013, Louk Fanggi dan Ozbakkaloglu 2013, Ozbakkaloglu dan Fanggi 2013, Ozbakkaloglu

dan Vincent 2013, Ozbakkaloglu dan Louk Fanggi 2013a,b, Albitar, dkk 2014, Louk Fanggi dan Ozbakkaloglu 2014a,b,c, Ozbakkaloglu dan Louk Fanggi 2015, Louk Fanggi dan Ozbakkaloglu 2015a,b, Ozbakkaloglu, dkk 2016).

Dari penjabaran diatas dapat dilihat bahwa FRP sangat efektif untuk memperkuat/ struktur beton lama maupun baru. Karena itu dapat juga digunakan untuk memperkuat beton ringan untuk mengatasi kelemahan yang ada pada beton ringan sehingga beton ringan dapat digunakan secara lebih luas, misalnya sebagai material pembentuk kolom struktur beton.

Namun demikian, sejauh pengetahuan penulis, belum ada sebuah penelitianpun yang telah dilakukan dengan menggunakan FRP tube sebagai perkuatan terhadap kolom beton ringan. Penelitian yang ada hanyalah beton ringan yang diperkuat dengan FRP wrapping (Zhou, dkk 2016). Karena itu untuk menguji sejauhmana FRP tube dapat digunakan sebagai material perkuatan untuk beton ringan, maka perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan FRP tube sebagai material perkuatan untuk beton ringan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Delapan buah benda uji yang terbuat dari beton ringan dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dibuat dan dibebani hingga hancur dengan menggunakan beban tekan sentris. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah metode perkuatan dan jumlah lapis/ layer FRP. Untuk setiap parameter yang diuji, sepasang benda uji yang sama dibuat. Detail dari tiap benda uji dapat dilihat pada Table 1 dibawah ini.

Tabel 1. Detail benda uji

Benda Uji	Perkuatan	Jumlah Layer
BR-0-0(1)	-	0
BR-0-0(2)	-	0
BR-T-1(1)	FRP tube	1
BR-T-1(2)	FRP tube	1
BR-T-3(1)	FRP tube	3
BR-T-3(2)	FRP tube	3
BR-W-1(1)	FRP wrapping	1
BR-W-1(2)	FRP wrapping	1

Keseluruhan benda uji dibuat dengan

menggunakan satu buah mix design dengan menggunakan batu apung berukuran 10 mm sebagai pengganti agregat kasar.

Batu apung didatangkan dari Lombok, Nusa Tenggara Barat dalam bentuk bongkahan. Sebelum digunakan, batu apung dipecahkan hingga berukuran 10 mm dengan menggunakan hamar tangan terlebih dahulu seperti tampak pada Gambar 1a dibawah ini. Hasil pecahan batu apung yang telah disaring hingga berukuran 10 mm dapat dilihat pada Gambar 1b.



a) b)
 Gambar 1. a) Pemecahan bongkahan batu apung, b) Hasil pecahan batu apung dgn ukuran 10 mm

Untuk mengurangi daya serapnya, batu apung dibalut dengan menggunakan pasta dengan perbandingan 1 air:3 semen seperti yang dilakukan oleh Triyo, dkk (2010). Air dan semen sesuai perbandingan diatas, dimasukan dalam mesin pencampur beton dan dicampur selama 3 menit sebelum batu apung dimasukan dan dicampur. Setelah 3 menit pencampuran, batu apung dikeluarkan dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan selama 2 minggu hingga kering. Hasil pembalutan permukaan batu apung dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Hasil pembalutan permukaan batu

apung

FRP tube dibentuk dengan menggunakan wet lay-up proses dengan cara membungkus styrofoam yang telah dilapisi dengan plastic film dengan carbon fiber sheet yang telah diberi perekat terlebih dahulu dengan campuran epoxy resin dan hardener dengan perbandingan 1 epoxy:4 hardener. Untuk setiap lapis/ layer, panjang FRP sheet dilebihkan 150 mm untuk mencegah *debonding failure* pada ujung lapis tersebut. Proses pembuatan dan FRP tube yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



a)



b)

Gambar 3. a) Proses pembuatan FRP tube, b) FRP tube yang telah dibentuk

Benda uji yang diperkuat dengan FRP tube dibuat dengan cara menuangkan beton ringan segar ke dalam FRP tube yang telah disiapkan dan dipadatkan. Sedangkan benda uji yang diperkuat dengan FRP wrapping dibuat dengan cara membungkus silinder beton ringan yang telah dicetak terlebih dahulu dengan carbon fiber sheet yang telah diberi perekat. Untuk perawatan, keseluruhan benda uji dibungkus dengan karung goni dan disiram sekali sehari hingga berumur 29 hari. Perawatan dengan karung goni dapat dilihat

pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Perawatan benda uji dengan karung basah

Saat berumur 28 hari, sebelum pengujian dimulai, seluruh benda uji dicapping. Pencappingan dilakukan dengan menggunakan belereng cair panas yang dituangkan pada tempat capping untuk meratakan kedua ujung benda uji sehingga diperoleh permukaan yang rata agar pembebanan dapat dilakukan secara merata pada kedua ujung benda uji tersebut. Hasil pencappingan benda uji dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Benda uji setelah pencappingan

Prosedur Pengujian

Universal Testing Machine servo-hydraulic dengan kapasitas 1000 kN digunakan untuk mengetes keseluruhan benda uji. Beban diberikan secara tekan sentris kepada benda uji dalam bentuk displacement control dengan kecepatan konstan 3 mm/s sejak awal hingga akhir pengujian yang ditandai dengan hancurnya benda uji. Hasil pengujian berupa beban maximum digunakan untuk menghitung kuat tekandari masing-masing benda uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Kehancuran Benda Uji

Kondisi hancurnya seluruh benda uji dapat dilihat dari Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Kondisi benda uji setelah tes, a) BR-0-0(1&2), b) BR-T-1(1&2), c) BR-T-3(1&2), dan d) BR-W-1(1&2)

Gambar 6 menunjukkan sobekan pada lapisan FRP saat benda uji hancur. Hancurnya benda uji pada benda uji yang diperkuat dengan FRP tube dan wrapping ditandai dengan adanya bunyi yang sangat keras. Semakin banyak jumlah lapis FRP yang digunakan, maka semakin keras pula bunyi yang dihasilkan pada saat benda uji tersebut hancur. Hal ini seperti yang dilaporkan oleh Ozbakkaloglu dan Louk Fanggi 2013a,b.

Kuat Tekan Benda Uji

Kuat tekan diperoleh dari hasil pembagian beban maksimum dengan luas penampang. Keseluruhan nilai kuat tekan dari setiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengetesan

Benda Uji	Kuat tekan (Mpa)	Rata-rata (Mpa)	Peningkatan/ Penurunan
BR-0-0(1)	23,38	22,01	-
BR-0-0(2)	20,64		
BR-T-1(1)	19,74	18,31	-16,81
BR-T-1(2)	16,88		
BR-T-3(1)	33,75	33,70	53,09
BR-T-3(2)	33,64		
BR-W-1(1)	19,36	21,19	-3,73
BR-W-1(2)	23,02		

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa benda uji yang diperkuat dengan 1 lapis FRP tube maupun wrapping memiliki nilai kuat tekan yang lebih rendah dari benda uji yang tidak diperkuat (BR-0-0(1&2)). Hasil ini berbeda dengan yang dilaporkan oleh penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa kuat tekan benda uji yang diperkuat dengan FRP tube maupun wrapping lebih besar dari benda uji yang tidak diperkuat dengan FRP tube maupun wrapping (Zhou, dkk 2010, Wu, dkk 2008, Hadi dan Fanggi 2012, Fam dan Riskalla 2010, Hong dan Kim 2004, Mohamed dan Masmoudi 2010, Ozbakkaloglu 2012, Fanggi dan Ozbakkaloglu 2013, Louk Fanggi dan Ozbakkaloglu 2013, Ozbakkaloglu dan Fanggi 2013, Ozbakkaloglu dan Vincent 2013, Ozbakkaloglu dan Louk Fanggi 2013a,b, Albitar, dkk 2014, Louk Fanggi dan Ozbakkaloglu 2014a,b,c, Ozbakkaloglu dan Louk Fanggi 2015, Louk Fanggi dan Ozbakkaloglu 2015a,b, Ozbakkaloglu, dkk 2016). Hal ini dapat dijelaskan dengan memperhatikan kondisi benda uji pada saat pengetesan atau observasi sebelum pengetesan dimulai seperti yang tampak pada Gambar 7 dibawah ini untuk benda uji yang diperkuat dengan 1 lapis FRP tube.



Gambar 7. Kondisi benda uji saat pembebanan(BR-T-1(2))

Dari gambar 7 dapat dilihat bahwa benda uji yang diperkuat dengan FRP tube atau wrapping miring. Hal ini disebabkan karena pada saat pengecoran bagian bawah benda uji terangkat saat dilakukan pemadatan yang menyebabkan benda uji menjadi miring. Karena itu, untuk mencegah terjadinya kemiringan pada benda uji, maka pada saat pengecoran perlu digunakan penahan/bekesting untuk benda uji yang diperkuat dengan FRP tube. Dari Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa benda uji yang diperkuat dengan 3 lapis FRP tube memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dari benda uji yang tidak diperkuat dengan FRP. Observasi ini sama dengan hasil yang telah dilaporkan oleh Ozbakkaloglu 2012, 2013. Walaupun demikian, dengan memperhatikan kondisi benda uji tersebut seperti yang tampak pada Gambar 8 dibawah ini, tampak bahwa benda uji tersebut juga miring. Karena itu, dapat dikatakan bahwa kondisi miring benda uji ini juga mempengaruhi nilai kuat tekan yang dimiliki oleh benda uji yang diperkuat dengan menggunakan FRP tube 3 lapis walaupun berdasarkan table 2 diatas, nilai kuat tekan benda uji ini lebih besar dari benda uji yang tidak diperkuat dengan FRP. Kondisi benda uji yang miring juga dapat dilihat dari posisi sobekan pada FRP tube pada Gambar 6c diatas dimana sobekannya terletak pada ujung benda uji yang menandakan adanya pembebanan yang tidak sentris yang bisa disebabkan oleh kondisi benda uji yang miring.



Gambar 8. Kondisi benda uji saat pembebanan (BR-T-3(1&))

PENUTUP

Penelitian ini dilakukan untuk menguji sejauhmana FRP tube efektif digunakan untuk memperkuat beton ringan yang dibebani secara tekan sentris. Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan diatas, maka ada beberapa hal yang dapat disimpulkan.

1. Kondisi semua benda uji yang diperkuat dengan FRP tube dan wrapping adalah miring sehingga beban yang diberikan saat pengamatan tidak sentris. Walaupun demikian, benda uji yang diperkuat dengan 3 lapis FRP tube memiliki kuat tekan yang lebih besar dari benda uji tanpa perkuat yang dapat menunjukkan keefektifan FRP tube dalam memperkuat kolom beton ringan.
2. Perlu penggunaan bekesting pada saat pengecoran bagi benda uji yang diperkuat dengan FRP tube sehingga benda uji tersebut tidak miring setelah pengecoran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih ditujukan kepada Politeknik Negeri Kupang yang telah menyediakan seluruh dana yang diperlukan dalam penelitian ini melalui Kontrak No. 40i/PL23.PPK.PNBP/PL/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Fam, A. Z. and Rizkalla, S. H. (2001). Behavior of axially loaded concrete-filled circular fiber-reinforced polymer tubes. *ACI Struct. J.*, 98(3), 280–289.
- Hong, W. K. And Kim, H. C. (2004). Behavior of concrete columns confined by carbon composite tubes. *Can J Civil Eng*, 31(2), 178–88.
- Wu, G., Wu, Z. S., Lu, Z. T., dan Ando, Y. B. (2008). Structural performance of concrete confined with hybrid FRP composites. *J Reinf Plas Compos* 27(12), 1323–1348.
- Mohamed, H., and Masmoudi, R. (2010). Axial load capacity of concrete filled FRP tube columns: Experimental versus predictions. *J. Compos. Constr.* [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000066](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000066).
- Tripiyo, D., Putu Raka, A. B. I. G., dan Tawio.

- (2010). Beton Agregat Ringan dengan Substitusi Parsial Batu Apung sebagai Agregat Kasar. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4)*.
- Ozbakkaloglu, T. (2012). Concrete-filled FRP tubes: manufacture and testing of new forms designed for improved performance. *ASCE J Compos Constr.*, 17(2), 280–91.
- Hadi, M. N. S. dan Fanggi, B. A. Louk. (2012). Behaviour of FRP confined concrete cylinders under different temperature exposure. In F. Biondini & D. Frangopol (Eds.), *6th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS 2012* (1187-1192). The Netherlands: CRC Press/ Balkema.
- Fanggi, B. A. L. and Ozbakkaloglu, T. (2013). Influence of Inner Steel Tube Properties on Compressive Behavior of FRP-HSC-Steel Double-Skin Tubular Columns. *Applied Mechanics and Materials*, 438-439, 701-705.
- Louk Fanggi, B. and Ozbakkaloglu, T. (2013). Compressive behavior of aramid FRP-HSC-steel double-skin tubular columns. *Construction and Building Materials*. 48, 554-565.
- Ozbakkaloglu, T. (2013). Compressive behavior of concrete-filled FRP tube columns: Assessment of critical column parameters. *Eng. Struct.* 51, 188-199.
- Ozbakkaloglu, T. and Fanggi, B. A. L. (2013). An Experimental Study on Behavior of FRP-HSC-Steel Double-Skin Tubular Columns under Concentric Compression. *Applied Mechanics and Materials*, 357-360, 565-569.
- Ozbakkaloglu, T. and Vincent, T. (2013). Axial compressive behavior of circular high strength concrete-filled FRP tubes. *J Compos Constr.* [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CC.1943-5614.0000410](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000410).
- Ozbakkaloglu, T. and Louk Fanggi, B. (2013a). FRP-HSC-Steel Composite Columns: Behavior under Monotonic and Cyclic Axial Compression. *Materials and Structures*. 48(4), 1075–1093.
- Ozbakkaloglu, T. and Louk Fanggi, B. (2013b). Axial Compressive Behavior of FRP-Concrete-Steel Double-Skin Tubular Columns Made of Normal-and High-Strength Concrete. *Journal of Composites for Construction*. 18(1), 04013027-1-13.
- Albitar, M., Ozbakkaloglu, T., and Louk Fanggi, B. (2014). Behavior of FRP-HSC-Steel Double-Skin Tubular Columns under Cyclic Axial Compression. *Journal of Composites for Construction*. 19(2), 04014041-1-13.
- Louk Fanggi, B. A. and Ozbakkaloglu, T. (2014a). Relative Performance of FRP-Concrete-Steel Double Skin Tubular Columns versus Solid and Hollow Concrete-Filled FRP Tubes. *Applied Mechanics and Materials*, 501-504, 3-7.
- Louk Fanggi, B. A. and Ozbakkaloglu, T. (2014b). Influence of Concrete-Filling Inner Steel Tube on Compressive Behavior of Double-Skin Tubular Columns. *Advanced Materials Research*, 838-841, 535-539.
- Louk Fanggi, B. A. and Ozbakkaloglu, T. (2014c). Effect of Loading Pattern on Performance of FRP-HSC-Steel Double Skin Tubular Columns. *Advanced Materials Research*, 919-921, 83-87.
- Ozbakkaloglu, T. and Louk Fanggi, B. (2015). Square FRP-HSC-Steel Composite Columns: Behavior under Axial Compression. *Engineering Structures*, 92, 156-171.
- Louk Fanggi, B. and Ozbakkaloglu, T. (2015a). Behavior of Hollow and Concrete-Filled FRP-HSC and FRP-HSC-Steel Composite Columns Subjected to Concentric Compression. *Advances in Structural Engineering*. 18(5), 715-738.
- Louk Fanggi, B. A. and Ozbakkaloglu, T. (2015b). Influence of Inner Steel Tube Diameter on Compressive Behavior of Square FRP-HSC-Steel Double-Skin

Tubular Columns. *Advanced Materials Research*, 1119, 688-693.

Ozbakkaloglu, T., Louk Fanggi, B., and zheng, J. (2016). Confinement model for concrete in circular and square FRP–concrete–steel double-skin composite columns. *Materials and Designs*. 96, 458-469.

Zhou, Y., Liu, X., Xing, F., Hongzhi, C., dan Sui, L. (2016), Axial compressive behaviour of FRP-confined lightweight agregat concrete: An experimental study and stress-strain relation model. *ASCE J Compos Constr* 119, 1–15.