

Finite Element Modeling on the Flexural Behaviour of Composite Precast Hybrid Fiber Reinforced Lightweight Agregate Concrete Slab

Oleh: Slamet Widodo, Agus Santoso, Darmono, Maris Setyo Nugroho

ABSTRAK

Abstrak

Penelitian ini dilaksanakan untuk menghasilkan beton ringan struktural yang memiliki kekuatan tarik lebih baik, dengan cara menambahkan campuran serat baja dan *polypropylene* ke dalam adukan beton ringan yang memanfaatkan breksi batu apung (*pumice breccia*) sebagai agregat kasar. Material beton ringan berserat campuran (*Hybrid Fiber Reinforced Lightweight Aggregate Concrete/HyFRLWAC*) ini selanjutnya digunakan sebagai material *stay in-place formwork* untuk kemudian diaplikasikan dalam konstruksi pelat beton komposit dengan sistem *partially precast* dengan memanfaatkan *self-compacting concrete (SCC)* sebagai lapis *topping*. Penelitian ini difokuskan untuk menentukan kriteria kekuatan batas yang sesuai untuk diterapkan pada *interface* dua jenis material beton khusus yang berbeda (*HyFRLWAC* sebagai lapis *substrate* dan *SCC* sebagai lapis *topping*) tanpa penambahan penghubung geser.

Eksperimen dilakukan untuk mengetahui komposisi optimal *HyFRLWAC*. Pengujian kuat tekan dilakukan pada 45 benda uji untuk 15 varian dengan variasi komposisi agregat, penggantian sebagian semen dengan *silica fume*, dan penambahan serat campuran. Pengujian juga dilakukan pada 15 benda uji kuat tarik belah dan 15 benda uji kuat tarik lentur untuk lima variasi penambahan serat campuran. Komposisi *HyFRLWAC* yang optimum selanjutnya digunakan sebagai lapis *substrate*. Kekuatan tarik antara *HyFRLWAC* dengan *SCC* diinvestigasi dengan metode *pull-off test* sedangkan kekuatan kohesi diuji dengan *modified bi-surface shear test*. Variasi pengujian didasarkan pada perbedaan kondisi permukaan *substrate* dan kekuatan tekan *SCC* yang digunakan sebagai lapis *topping*. Pengujian kekuatan tarik *interface* dilaksanakan pada 10 varian dengan kondisi permukaan *substrate* halus (*as-placed*) dan dikasarkan. Pengujian kohesi dilakukan pada 15 varian dengan permukaan *substrate* halus dan kasar, baik dalam arah longitudinal maupun transversal. *Topping* dicor di atas masing-masing varian *substrate* yang telah berumur 28 hari, dengan lima variasi kuat tekan *SCC*. Benda uji yang digunakan pada tahapan ini berjumlah 30 benda uji untuk *pull-off test* dan 45 buah untuk *modified bi-surface shear test*, dengan tiga benda uji untuk setiap varian. Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui pengaruh bekerjanya gaya normal terhadap kekuatan geser *interface*. Pengujian dilakukan terhadap 54 benda uji berbentuk *double-L (2-L shape shear test)*, yang terdiri dari 18 varian (tiga variasi permukaan *substrate* dengan enam variasi besaran gaya normal), dengan tiga perulangan benda uji untuk setiap satu varian. Tahapan terakhir dilakukan pengujian skala penuh terhadap sembilan pelat beton komposit dengan kondisi permukaan *substrate* halus (*as-placed*), kasar arah longitudinal, dan kasar arah transversal.

Beton ringan struktural dapat dihasilkan dengan fraksi volume breksi batu apung sebagai agregat kasar antara 55% sampai 75% dari total volume agregat. Kekuatan mekanik beton ringan dapat dioptimalkan dengan menggantikan 9% berat semen dengan *silica fume*, serta dilakukan penambahan serat campuran (*hybrid*) dengan komposisi 0,1% serat *polypropylene* dan 1,0% serat baja berdasarkan volume adukan beton. Kekuatan tarik maupun kohesi *interface* beton lama dan beton baru yang menggunakan *HyFRLWAC* sebagai lapis *substrate* dan *SCC* sebagai lapis *topping* dipengaruhi oleh kuat tekan lapis *topping*. Apabila kuat tekan *SCC* antara 30 MPa hingga 60 MPa, untuk permukaan *substrate* halus maka kekuatan tarik *interface* dapat dihitung dengan formula $f_{t, int} = \frac{f_{c, top}}{m}$, dan jika *substrate* dikasarkan maka $f_{t, int} = \frac{f_{c, top}}{m} \cdot k$. Kekuatan kohesi dapat dihitung dengan $f_{c, top} = \frac{f_{c, top}}{c}$, dengan nilai c (koefisien kohesi) adalah: 0,999 untuk permukaan *substrate* halus, 1,258 untuk *substrate* dikasarkan arah longitudinal, dan 1,312 untuk *substrate* dikasarkan arah transversal. Kekuatan *interface* beton yang menerima kombinasi gaya geser dan gaya tekan dapat dihitung $f_{t, int} = \frac{f_{c, top}}{m} \cdot (1 - \frac{V}{V_{max}})$, dengan m (koefisien friksi) adalah: 0,728 untuk permukaan *substrate* halus, 0,959 untuk permukaan kasar arah longitudinal, dan 1,181 untuk *substrate* dikasarkan arah transversal. Apabila *interface* menerima kombinasi gaya geser dan gaya tarik, maka $f_{t, int} = \frac{f_{c, top}}{m} \cdot (1 - \frac{V}{V_{max}}) \cdot k$, dengan k (koefisien pengurangan kekuatan geser *interface* beton) adalah: 3,399 untuk *substrate* halus, 4,097 untuk permukaan kasar arah longitudinal, dan 4,205 untuk *substrate* kasar arah transversal. Hasil uji model fisik dan analisis tegangan menunjukkan tidak ada benda uji pelat beton komposit yang mengalami kombinasi tegangan geser dan tegangan normal melebihi batas kekuatan *interface*.

Kata Kunci: *HyFRLWAC*, *Interface* antara beton lama dan baru, Pelat beton komposit, *SCC*

Kata Kunci: *HyFRLWAC*, Model Numerik, Pelat beton komposit, *SCC*, Uji Lentur