



## INTISARI

Aplikasi *Fiber Reinforced Polymer (FRP)* sebagai tulangan menjadi salah satu inovasi baru untuk beton bertulang. *FRP* atau serat berpolimer merupakan material dengan sifat elastis dan mempunyai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan baja. Selain mempunyai kelebihan sifat mekanika, *FRP* juga memiliki sifat tahan korosi, dan sifat non-magnetik, yang dapat memperlambat deteriorasi material akibat lingkungan. Pemodelan balok bertulang *FRP* secara numerik dengan *finite element* perlu dibuat untuk menggantikan pengujian ekperimental.

Pemodelan elemen balok lentur dibantu dengan *software* ABAQUS CAE. Dimensi balok 150 mm x 100 mm, panjang 2400 mm dengan tulangan memanjang jenis *glass fiber reinforced polimer (GFRP)* tekan dan tarik masing - masing 2D10 dan sengkang baja D4-100 dengan pembebanan statik *four point loading*. Dalam pemodelan digunakan 2 variasi yaitu interaksi *perfect bond* dan interaksi *bond-slip* antara *GFRP* dan beton sekelilingnya. Material *GFRP* yang dipakai pada pemodelan *bond-slip* adalah *GFRP* berlapis pasir dengan nilai  $\tau_1 = \tau_{\max}$  adalah 12,05 MPa dengan nilai selip  $s_m = 0,13$  mm. Ikatan kontak didefinisikan sebagai kontak kohesif dengan nilai lekatan berdasarkan kekakuan arah normal ( $K_{nn}$ ) adalah 210,852 N/mm, kekakuan geser ( $K_{tt}$ ) dan ( $K_{ss}$ ) adalah 92,69 N/mm. Untuk validasi pemodelan, kurva beban-defleksi hasil pemodelan dibandingkan dengan kurva beban-defleksi hasil pengujian eksperimental sebelumnya

Hasil model numerik tervalidasi dengan baik oleh hasil eksperimental. Selisih beban ultimit pada model *perfect bond* dengan hasil pengujian lentur balok beton bertulang yaitu 8,1%. Kesamaan ditunjukkan juga pada model interaksi *bond-slip*, selisih beban ultimit pada model *bond-slip* dengan hasil pengujian lentur balok beton yaitu 7,5%. Beban ultimit model numerik *perfect bond* dibandingkan dengan perhitungan beban lentur nominal SNI 8970:2021 didapatkan beban maksimum sebesar 25,458 kN, 46% lebih kecil dari beban hasil pemodelan numerik. Perhitungan beban lentur nominal SNI 8970:2021 terestimasi rendah jika digunakan untuk perencanaan balok lentur tulangan *FRP*.

**Kata kunci:** Abaqus CAE, analisis numerik, beton bertulang, tulangan *FRP*



## ABSTRACT

*The application of Fiber Reinforced Polymer (FRP) as reinforcement is one of the new innovations for reinforced concrete. FRP is a material with elastic properties and has a higher tensile strength than steel. In addition to having advantages in mechanical properties, FRP also has corrosion-resistant, and non-magnetic properties, which can slow down material deterioration due to the environment. Numerical modeling of FRP-reinforced beams with finite elements needs to be made to replace experimental testing.*

*Modeling of the flexural beam elements was aided by ABAQUS CAE software. The beam dimensions are 150 mm x 100 mm, 2400 mm long with compressive and tensile glass fiber reinforced polymer (GFRP) type 2D10 and D4-100 steel stirrups respectively with static four point loading. Two variations were used in the modeling, namely perfect bond interaction and bond-slip interaction between GFRP and surrounding concrete. The GFRP material used in bond-slip modeling is sand-coated GFRP with a value of  $\tau_1 = \tau_{\max}$  is 12.05 MPa with a slip value of  $s_m = 0.13$  mm. The contact bond was defined as cohesive contact with a bond value based on normal direction stiffness ( $K_{nn}$ ) of 210.852 N/mm, shear stiffness ( $K_{tt}$ ) and ( $K_{ss}$ ) of 92.69 N/mm. For modeling validation, the load-deflection curves of the modeling results were compared with the load-deflection curves of the previous experimental tests.*

*The numerical model results were well validated by the experimental results. The difference between the ultimate load in the perfect bond model and the flexural test results of reinforced concrete beams is 8.1%. Similarity is also shown in the bond-slip interaction model, the difference between the ultimate load in the bond-slip model and the results of the concrete beam flexural testing is 7.5%. The ultimate load of the perfect bond numerical model compared to the calculation of the nominal bending load of SNI 8970: 2021 obtained a maximum load of 25.458 kN, 46% less than the load of the numerical modeling results. The nominal bending load calculation of SNI 8970: 2021 is under estimated to use for planning FRP reinforced bending beams.*

**Keywords:** *Abaqus CAE, numerical analysis, reinforcement concrete, fiber reinforced polymer*