

Transportasi massal di Jakarta menghadapi tantangan signifikan akibat pertumbuhan penduduk dan aktivitas ekonomi, mendorong pengembangan sistem seperti Light Rail Transit (LRT). Proyek LRT Jakarta Fase 1A menggunakan struktur jalan layang *segmental prestressed concrete PC-box girder* dengan bentang rata-rata 40 meter dan tendon prategang eksternal. Namun, adanya indikasi kerusakan di lapangan seperti retakan, menimbulkan keraguan terhadap desain eksisting. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji alternatif desain *PC-U girder* untuk membandingkan kinerja struktural dan penggunaan materialnya.

Penelitian ini membandingkan kinerja struktural antara *PC-box girder* eksisting dengan *PC-U girder* hasil redesign pada bentang antara *pier 28* dan *pier 29* Proyek LRT Jakarta Fase 1A. Analisis difokuskan pada momen lentur, gaya geser, momen puntir, tegangan, dan deformasi. Selain itu, perbandingan kehilangan gaya prategang dan efisiensi penggunaan material serta berat struktur per meter panjang juga dievaluasi. Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak *Midas Civil* dengan data pembebanan mengacu pada standar seperti ACI 358.1R-92, SNI 2833:2016, Permenhub No. 60 Tahun 2012, dan AASHTO LRFD.

Hasil analisis menunjukkan momen lentur ultimit terbesar yang terjadi pada *PC-box girder* adalah 41446,66 kNm pada penampang *deviator* dengan rasio $M_u/\phi M_n$ adalah 0,71. Sedangkan pada *PC-U girder*, adalah 15009,9 kNm pada penampang lapangan tengah bentang dengan rasio $M_u/\phi M_n$ sebesar 0,41. Gaya geser ultimit terbesar pada *PC-box girder* adalah 6926,73 kN pada penampang tumpuan dengan rasio $V_u/\phi V_n$ sebesar 0,67. Sedangkan pada *PC-U girder*, adalah 2852,45 kN pada penampang tumpuan dengan rasio $V_u/\phi V_n$ sebesar 0,83. Momen puntir ultimit terbesar pada *PC-box girder* adalah -3932,75 kNm pada penampang tumpuan dengan rasio $T_u/\phi T_n$ adalah 0,28. Sedangkan pada *PC-U girder*, momen puntir ultimit terbesar -430,51 kNm pada penampang tumpuan dengan rasio $T_u/\phi T_n$ adalah 0,55. Secara respons struktural, *PC-U girder* menunjukkan tegangan beton yang lebih tinggi, mencapai -21,25 MPa (94,44% dari izin) pada tahap layan, dibanding *PC-box girder* yang hanya -8,85 MPa (46,8% dari izin). Lendutan pada *PC-U girder* juga lebih signifikan (-41,89 mm) daripada *PC-box girder* (-18,49 mm) pada tahap layan. Selain itu, *PC-U girder* mengalami kehilangan gaya prategang total yang lebih besar (20,72%) dibandingkan *PC-box girder* (14,67%). Meskipun *PC-U girder* lebih ringan 25,22% per meter panjang, *PC-U girder* membutuhkan lebih banyak tendon (24 buah; 946,99 m total panjang) daripada *PC-box girder* (10 buah; 390,56 m) untuk menopang penampang yang lebih ramping. Kesimpulannya, *PC-box girder* menawarkan kinerja struktural yang lebih kaku dengan margin keamanan tegangan dan kontrol lendutan yang lebih baik, meskipun lebih berat. Sedangkan *PC-U girder* mengedepankan efisiensi berat, namun dengan konsekuensi tegangan yang lebih tinggi dan kebutuhan baja prategang yang lebih besar.

Kata kunci: *PC-box girder*, *PC-U girder*, Kinerja Struktural, Beton Prategang, LRT Jakarta

ABSTRACT

Mass transportation in Jakarta faces significant challenges due to population growth and economic activity, driving the development of systems like the Light Rail Transit (LRT). Jakarta LRT Phase 1A project utilizes segmental prestressed concrete (PC)-box girder elevated structures with an average span of 40 meters and external prestressing tendons. However, indications of observed field damages, such as cracks, have raised concerns regarding the existing design. Therefore, this research investigates an alternative PC-U girder design to compare its structural performance and material utilization efficiency.

This study compares the structural performance between the existing PC-box girder and a redesigned PC-U girder for the span between pier 28 and pier 29 of the Jakarta LRT Phase 1A project. The analysis focuses on flexural moment, shear force, torsional moment, stresses, and deformations. Additionally, the comparison of prestress loss and the efficiency of material usage, as well as structural weight per linear meter, are evaluated. Structural modeling is performed using Midas Civil software, with loading data referencing standards such as ACI 358.1R-92, SNI 2833:2016, Permenhub No. 60 Tahun 2012, and AASHTO LRFD.

Analysis results show that the largest ultimate flexural moment occurring in the PC-box girder is 41446.66 kNm at the deviator section, with a $M_u/\phi M_n$ ratio of 0.71. Conversely, for the PC-U girder, the largest ultimate flexural moment is 15009.9 kNm at the mid-span section, with a $M_u/\phi M_n$ ratio of 0.41. The largest ultimate shear force in the PC-box girder is 6926.73 kN at the support section, with a $V_u/\phi V_n$ ratio of 0.67. For the PC-U girder, the largest ultimate shear force is 2852.45 kN at the support section, with a $V_u/\phi V_n$ ratio of 0.83. Furthermore, the largest ultimate torsional moment in the PC-box girder is -3932.75 kNm at the support section, with a $T_u/\phi T_n$ ratio of 0.28. In contrast, for the PC-U girder, the largest ultimate torsional moment is -430.51 kNm at the support section, with a $T_u/\phi T_n$ ratio of 0.55. In terms of structural response, the PC-U girder exhibits higher concrete stresses, reaching -21.25 MPa (94.44% of allowable) at the serviceability limit state, compared to the PC-box girder at only -8.85 MPa (46.8% of allowable). Deflection in the PC-U girder is also more significant (-41.89 mm) than in the PC-box girder (-18.49 mm) at the serviceability limit state. Moreover, the PC-U girder experiences a greater total prestress loss (20.72%) compared to the PC-box girder (14.67%). Although the PC-U girder is 25.22% lighter per linear meter, it requires more tendons (24 strands; 946.99 m total length) than the PC-box girder (10 strands; 390.56 m total length) to support its slenderer cross-section. In conclusion, the PC-box girder offers stiffer structural performance with better stress safety margins and deflection control, despite being heavier. Conversely, the PC-U girder prioritizes weight efficiency, but at the cost of higher stresses and a greater demand for prestressing steel.

Keywords: PC-box girder, PC-U girder, Structural Performance, Prestressed Concrete, Jakarta LRT.