

Indonesia tengah gencar melakukan pembangunan infrastruktur jalan tol, salah satu proyek pembangunan infrastruktur jalan tol yang sedang berjalan adalah Jalan Tol Yogyakarta-Bawen. Percepatan pertumbuhan ekonomi melalui infrastruktur transportasi dengan pembangunan jalan tol akan meningkatkan perekonomian masyarakat, sehingga kepemilikan kendaraan dan kebutuhan logistik akan meningkat. Oleh karena itu, pembangunan jalan tol harus diiringi dengan perencanaan perkerasan yang baik untuk melayani volume kendaraan yang terus meningkat.

Salah satu hal penting dalam perencanaan perkerasan kaku adalah perancangan tebal lapis beton dengan metode AASHTO 1993 yang mengakumulasikan beban lalu lintas selama umur rencana dalam nilai ESAL (*Equivalent Single Axle Loads*). Namun, perencanaan dengan metode AASHTO 1993 secara empiris tidak memperhitungkan respon tegangan regangan dalam metode desainnya ketika menerima beban kendaraan dan pengaruh lingkungan berupa beban termal. Analisis perkerasan kaku dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH) dengan idealisasi *Plate on Elastic Foundation* (PoEF) memakai *software* bantu SAP2000. Hasil penelitian berupa analisis *fatigue* dari lalu lintas rencana pada metode AASHTO 1993 terhadap hasil repetisi izin melalui pemodelan elemen hingga dengan kondisi beban kendaraan, beban termal pada suhu layan, dan beban termal pada batas retak (*thermal crack*).

Perancangan tebal lapis beton perkerasan kaku dengan metode AASHTO 1993 menghasilkan pelat beton dengan ketebalan 31 cm untuk melayani ESAL ( $W_{18}$ ) sebanyak 140.028.892 kendaraan selama umur rencana 40 tahun. Variabel tetap hasil perancangan yang digunakan dalam analisis MEH, yaitu *flextural strength* beton 4414,13 kN/m<sup>2</sup> dan modulus reaksi tanah dasar 42,62 MN/m<sup>3</sup> dengan beban kendaraan golongan 2–7c, beban termal pada suhu layan 0,033°C/mm, dan beban termal pada batas retak 0,079°C/mm. Hasil analisis *fatigue* menunjukkan pelat beton tidak mengalami kegagalan pada pembebanan kendaraan saja dengan *stress ratio* tertinggi pada kendaraan golongan 6 sebesar 0,22. Pada pembebanan termal ketika suhu layan, pelat beton juga tidak mengalami kegagalan meskipun terjadi peningkatan rasio tegangan sebesar 0,41. Namun, pada pembebanan termal ketika suhu diprediksi pada batas retak, pelat beton mengalami kegagalan *fatigue* karena rasio tegangan meningkat hingga 0,68.

**Kata kunci:** AASHTO 1993, Elemen hingga, Lalu lintas rencana, Beban termal, Analisis *fatigue*.

## ABSTRACT

Indonesia is vigorously pursuing the construction of toll road infrastructure, with one of the ongoing projects being the Yogyakarta-Bawen Toll Road. Accelerating economic growth through transportation infrastructure with toll road construction will enhance the local economy, leading to increased vehicle ownership and logistics demand. Therefore, toll road construction must be accompanied by good pavement planning to accommodate the continuously increasing traffic volume.

One crucial aspect of rigid pavement planning is the design of concrete layer thickness using the AASHTO 1993 method, which accumulates traffic loads over the design life in terms of ESAL (Equivalent Single Axle Loads). However, the AASHTO 1993 method's empirical design does not consider stress-strain responses when subjected to vehicle loads and environmental influences such as thermal loads. Rigid pavement analysis is conducted using the Finite Element Method (FEM) with the Plate on Elastic Foundation (PoEF) idealization using SAP2000 software. The research results include fatigue analysis of traffic load designs based on the AASHTO 1993 method against repetitive loading outcomes through finite element modeling under vehicle loads, thermal loads at service temperature, and thermal loads at the cracking limit (thermal crack).

The design of rigid pavement thickness using the AASHTO 1993 method results in a concrete slab with a thickness of 31 cm to accommodate ESAL ( $W_{18}$ ) of 140.028.892 vehicles over a design life of 40 years. The constant design variables used in the FEM analysis are concrete flexural strength of 4414,13 kN/m<sup>2</sup> and subgrade reaction modulus of 42,62 MN/m<sup>3</sup>, with vehicle loads ranging from class 2 to 7c, thermal load at service temperature of 0,033°C/mm, and thermal load at the cracking limit of 0,079°C/mm. The results of fatigue analysis show that the concrete slab does not fail under vehicle loading only, with the highest stress ratio for class 6 vehicles is 0,22. Under the thermal loading at service temperature, the concrete slab also does not fail despite an increase in stress ratio to 0,41. However, under the thermal loading that predicted at the cracking limit temperature, the concrete slab experiences fatigue failure as the stress ratio increases to 0.68.

**Keywords:** AASHTO1993, Finite element, Traffic load design, Thermal load, Fatigue analysis.