

ABSTRAK

Selama beberapa tahun terakhir, perkembangan Industri 4.0 memiliki tuntutan efisiensi melalui *Human-Robot Collaboration* (HRC). Sistem kontrol teleoperasi berbasis *Virtual Reality* (VR) merupakan salah satu implementasi HRC yang dapat dikembangkan untuk mengatasi berbagai keterbatasan pada sistem teleoperasi konvensional. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kendali teleoperasi berbasis VR dengan fokus utama penelitian untuk mengevaluasi latensi dari sistem kontrol yang dikembangkan melalui variasi metode penyelesaian *Inverse Kinematics* (IK). Pengujian dilakukan dari seluruh aspek sistem teleoperasi, mulai dari *master-side* (*Virtual Reality*), sistem transmisi dan *slave-side* (Robot). Hasil analisis latensi pada *master-side* menunjukkan bahwa metode *Forward and Backward Reaching Inverse Kinematics* (FABRIK) memiliki rata-rata penyelesaian komputasi tercepat, yaitu sebesar $12,02 \mu s$ dengan standar deviasi sebesar $16,16 \mu s$ dan waktu representasi keseluruhan sebesar $11,20 \mu s$. Pada sistem transmisi yang diuji menggunakan parameter *Round Trip Time* (RTT), metode *Cyclic Coordinate Descent* (CCD) memiliki latensi terendah dengan rata-rata waktu pengiriman data sebesar $4,29 ms$ dengan representasi waktu pengiriman keseluruhan sebesar $3,66 ms$. Pada *slave-side*, metode *Jacobian Transpose* membuat aktuator pada *Waist joint* memiliki rata-rata latensi terendah dengan nilai $411,61 ms$. Aktuator *Shoulder Joint* memiliki latensi terendah ketika menggunakan metode FABRIK dengan rata-rata sebesar $320,78 ms$. Penelitian ini menunjukkan bahwa performa latensi pada *master-side* dan sistem transmisi tidak selalu berhubungan langsung dengan performa latensi pada *slave-side*. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan latensi pada kedua aspek tersebut memberikan waktu pemrosesan tambahan bagi *slave-side*.

Kata Kunci: Sistem Teleoperasi, *Virtual Reality* (VR), *Inverse Kinematics*, *Forward and Backward Reaching Inverse Kinematics* (FABRIK), *Jacobian Transpose*