

INTISARI

Perkembangan dunia robotika telah memasuki fase dimana interaksi penuh antara robot dengan manusia dapat dilakukan dengan adanya *soft robotics*. Dalam *soft robotics* dikenal *soft actuator* yang menghasilkan gerakan fleksibel dan dapat dikendalikan dengan mekanisme penggerak *pneumatic*. *Soft Pneumatic Actuator* (SPA) memanfaatkan tekanan fluida untuk menggerakkan aktuator. Gaya reaksi atau *tip-force* adalah salah satu parameter penting yang dibutuhkan dalam aplikasi SPA karena dibutuhkan pengetahuan mengenai seberapa besar gaya yang dapat dihasilkan oleh SPA untuk memanipulasi obyek.

Penelitian ini memanfaatkan *3D Printing* berbasis FFF/FDM dengan filamen elastis dalam proses manufaktur SPA. Dengan empat variasi variabel yang berbeda (volume, jumlah ruas, tebal, dan tekanan aktuasi), penelitian ini menguji karakteristik keempat variabel dependen tersebut terhadap gaya reaksi berupa *tip-force* yang dihasilkan. pengujian dilakukan dengan menggunakan neraca digital komersil untuk mendapatkan besaran gaya. Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan metode regresi linier untuk menentukan variabel dependen yang memiliki pengaruh paling besar terhadap gaya reaksi. Selain itu, digunakan pula simulasi FEM untuk menentukan konstanta material C10 berdasarkan persamaan Yeoh orde 1 melalui metode iterasi dengan membandingkan gaya hasil simulasi dengan eksperimen.

Penelitian ini menghasilkan model persamaan empiris berdasarkan hasil analisis regresi linier. Pengaruh dari setiap variabel dependen terhadap gaya reaksi berhasil diobservasi dalam penelitian ini. Selain itu, dihasilkan pula simulasi FEM yang menyerupai gerakan SPA pada eksperimen dengan tingkat error rata-rata sebesar 10%. Penelitian ini juga menghasilkan pengaruh nilai konstanta C10 terhadap gaya reaksi yang disimulasikan.

Kata kunci: *Soft Pneumatic Actuator, 3D Printing, Linier Regression Analysis, Hyperelastic Material modelling, Finite Element Method*

ABSTRACT

Robotics development has taken phase into a full interactions between human and robots by utilizing soft robotics. Soft actuators are known in soft robotics world in terms of capability of producing elastic locomotion and actuation. Soft pneumatic actuators (SPA) utilize fluidic pressure/pneumatic systems to generate actuating motion. Reaction force in this matter known as tip-force, is an important parameter in term of SPA application. Acquiring knowledge of tip-force produced by SPA is mandatory in order to design an appropriate force needed in SPA application of object manipulation and grasping.

FFF/FDM based 3D Printer and elastic filament are utilized in this research to manufacture SPA. Using four different variables (volume, segments, shell thickness, and actuating pressure), this research aims to characterize those four dependent variables in relation to reaction forces generated by SPA in form of tip-force. Force measurement using commercial digital scale is conducted to acquire generated tip-force data from the SPA. The generated data is processed using linear regression analysis to determine which variable is the most significant in relation to reaction forces. FEM simulation is also conducted to determine the material constant C_{10} of Yeoh's 1st Order equation using iteration method. FEM simulation is conducted in order to compare experimental results with simulated forces.

This research successfully generate an empirical equation model using linear regression analysis. The effect of each dependent variables in relation to reaction force are observed. This research is also produce a simulated FEM model that resemble the movement of SPA with 10% error in average. Finally this research observed a correlation between material constant C_{10} and generated simulated forces.

Keyword: Soft Pneumatic Actuator, 3D Printing, Linear Regression Analysis, Hyperelastic Material modelling, Finite Element Method