



## INTISARI

Banyak platform wahana bawah air masih menggunakan baling-baling (*propeller*) sebagai alat penggerakannya. Baling-baling berpotensi mengganggu dan bahkan membahayakan makhluk laut karena putarannya yang cepat dapat menggores biota laut. Pengembangan wahana dengan metode propulsi alternatif seperti *soft robotic fish* dapat menjadi solusi masalah tersebut. Banyak penelitian yang telah membahas mengenai pengembangan *soft robotic fish*. Dari banyak penelitian tersebut, didapati adanya desain yang rumit dengan banyak sambungan pada bagian bergerak. Kerumitan desain akan meningkatkan peluang terjadinya malfungsi antar komponen bergerak yang saling berhubungan. Selain itu, masih pada aspek desain, proses iterasi desain dan fabrikasi dinilai masih belum efisien. Perubahan desain membutuhkan pencetakan ulang semua bagian yang ada. Dari aspek model matematis, juga didapati bahwa data performa *soft robotic fish* disajikan hanya sebatas di plot. Data performa yang lengkap yaitu data gerak lurus serta gerak berbelok banyak tidak disajikan dengan lengkap pada beberapa karya ilmiah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan purwarupa *soft robotic fish* yang sederhana dan modular. Akan dilakukan proses *research and development* untuk mencapai tujuan tersebut. Kesederhanaan dinilai dari banyaknya jumlah komponen penyusun serta jumlah material penyusun bagian robot ikan yang berkontribusi terhadap gerakan utama, yaitu gerak maju. Kemudian modularitas juga menjadi perhatian dalam desain *soft robotic fish* yang dibuat. Modularitas akan memungkinkan proses iterasi desain dan fabrikasi yang lebih efisien. Dengan konsep modular, iterasi desain pada satu bagian robot ikan tidak memerlukan pencetakan ulang seluruh bagian robot ikan. Kemudian dari aspek pemodelan matematis, penelitian ini akan mengkaji lebih dalam data performa *soft robotic fish* yang didapat. Dilakukan pemodelan matematis untuk dapat mengkaraktirisasi strategi aktuasi platform *soft robotic fish* yang dibuat. Performa model matematis yang dibuat akan juga dibandingkan.

Hasil *soft robotic fish* yang dibuat memiliki dua keunggulan, yaitu desain yang simpel dan modular. Kesederhanaan dicapai dengan pemilihan penggerak robot ikan berupa *fluidic elastomer actuator* (FEA) dengan suplai udara bertekanan yang terpisah. Hal tersebut membantu dalam meminimalkan jumlah komponen dan jumlah bahan pada *soft robotic fish* yang dibuat. Pada aspek modular, tercermin dari adanya modul terpisah antar bagian anterior, badan, serta posterior robot ikan. Modularitas juga didukung dengan adanya konektor standar yang menghubungkan antar bagian robot ikan. Kemudian pada aspek model matematis untuk dapat mengkaraktirisasi strategi aktuasi *soft robotic fish*, dilakukan untuk gerak lurus dan gerak melingkar. Didapat bahwa semakin tinggi orde persamaan polinomial, semakin rendah nilai *root mean squared error* (RMSE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE) nya. Nilai RMSE dan MAPE yang kecil mengindikasikan tingginya akurasi persamaan. Pada gerak lurus, persamaan polinomial dua variabel orde 5 menghasilkan nilai RMSE dan MAPE yang baik (0,2932 dan 3,4609). Untuk gerakan melingkar, persamaan polinomial dua variabel orde 2 merupakan yang terbaik (RMSE 0,4550 dan MAPE 1,3162). Lebih akurat dari orde 1 namun tidak terjadi *overfitting* seperti dialami pada orde 3 dan di atasnya. Kecepatan stabil maksimum tercatat 7,42 cm/s (0,17 BL/s) dan radius putar minimum adalah 23,7 cm (0,55 BL).

Kata kunci : *Soft Robotic Fish, Fluidic Elastomer Actuator, Polynomial Regression, Modeling.*



## ABSTRACT

*Many underwater platforms still use propellers for propulsion. Propellers can potentially disrupt and even harm marine life because their rapid rotation can scratch marine life. Developing vehicles with alternative propulsion methods, such as soft robotic fish, could provide a solution to this problem. Numerous studies have addressed the development of soft robotic fish. These studies have found complex designs with numerous joints in moving parts. This complexity increases the likelihood of malfunctions between interconnected moving components. Furthermore, the design iteration and fabrication process are considered inefficient. Design changes require reprinting of all existing parts. From a mathematical modeling perspective, it was also found that soft robotic fish performance data is presented only in plots. Complete performance data, including linear motion and multiple turning motion, are not presented in full in some scientific papers.*

*This research aims to develop a simple and modular soft robotic fish prototype. A research and development process will be conducted to achieve these goals. Simplicity is measured by the number of components and the amount of material used in the robotic fish parts that contribute to the primary movement, namely forward motion. Modularity is also a consideration in the design of the soft robotic fish. Modularity will enable more efficient design iteration and fabrication processes. With a modular concept, design iterations on one part of the robotic fish do not require reprinting the entire robotic fish. From a mathematical modeling perspective, this research will further examine the performance data of the soft robotic fish. Mathematical modeling is performed to characterize the actuation strategy of the soft robotic fish platform. Comparisons between mathematical models are also conducted to determine the performance of the created mathematical models.*

*The resulting soft robotic fish has two advantages: a simple and modular design. Simplicity is achieved by selecting a fluidic elastomer actuator (FEA) with a separate compressed air supply for the fish robot. This helps minimize the number of components and materials in the soft robotic fish. In terms of modularity, modularity is realized through separate modules for the anterior, body, and posterior parts of the fish robot. Modularity is also supported by the presence of standard connectors connecting the parts of the fish robot. In terms of mathematical modeling, the soft robotic fish actuation strategy is characterized for straight and circular motion. It was found that the higher the order of the polynomial equation, the lower the RMSE and MAPE values. Small RMSE and MAPE values indicate high accuracy of the equation. For straight motion, the fifth-order two-variable polynomial equation produces good RMSE and MAPE values (0.2932 and 3.4609, respectively). For circular motion, the second-order two-variable polynomial equation yields RMSE and MAPE values of 0.4550 and 1.3162, respectively. More accurate than order 1 but does not experience overfitting as experienced in order 3 and above. The maximum stable velocity achieved during the experiment was 7.42 cm/s (0.17 BL/s), and the minimum turning radius achieved was 23.7 cm (0.55 BL).*

**Keywords :** *Soft Robotic Fish, Fluidic Elastomer Actuator, Polynomial Regression, Modeling.*