

## INTISARI

Bidang industri dan manufaktur sedang berkembang dengan pesat melalui revolusi industri 4.0. Salah satu pilarnya adalah *additive manufacturing* yang memberikan kemudahan dalam memproduksi barang dengan bentuk kompleks. Dalam produksi, perlu dilakukan pembuatan prototipe secara cepat sehingga tercipta *rapid prototyping*. 3D printing merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pembuatan prototipe ini. Teknologi ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya dalam pembuatan *strain sensor* untuk mendeteksi regangan pada suatu objek. *Strain sensor* telah berkembang sehingga tercipta *flexible strain sensor* yang memiliki tingkat regangan lebih besar dan memiliki fungsi yang lebih potensial. *Flexible strain sensor* ini dapat dibuat dari berbagai macam material, namun sebagian besar penelitian berfokus pada pembuatan material sensor yang membutuhkan proses kompleks. Oleh karena itu, penelitian ini akan membuat *flexible strain sensor* menggunakan material filamen yang umum di pasaran, serta berfokus pada optimasi faktor untuk mendapatkan tingkat regangan maksimal pada sensor.

Penelitian dilakukan dengan mencetak *flexible strain sensor* menggunakan 3D printer berjenis *fused deposition modeling* (FDM). Filamen yang digunakan antara lain *polylactic acid* (PLA), *thermoplastic polyurethane* (TPU), dan *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS). Faktor-faktor yang diuji antara lain bahan *substrate* sensor, ketebalan masing-masing bagian sensor, *layer height*, *printing temperature*, dan *printing speed*. Desain eksperimen menggunakan metode Taguchi dengan 18 kombinasi faktor. Semua kombinasi faktor dicetak dengan tiga kali replikasi untuk masing-masing kombinasi. Kemudian, sensor akan diuji tarik untuk mendapatkan tingkat regangan maksimalnya. Analisis dilakukan dengan Taguchi, kemudian diuji ANOVA, dan dilakukan uji validasi terhadap hasil analisis dengan mencetak sensor yang memiliki kombinasi faktor optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat regangan maksimal terbesar didapatkan dari kombinasi faktor dengan bahan *substrate* TPU, ketebalan bagian sensor 0,3 mm, *layer height* 0,15 mm, *printing temperature* 210 °C, dan *printing speed* 40 mm/s. Faktor yang berpengaruh signifikan terhadap hasil hanya bahan *substrate* sensor, dan faktor lainnya tidak berpengaruh signifikan. Kemudian, rentang tingkat regangan maksimal berada pada 2,6–4,7% untuk sensor dengan *substrate* PLA, dan 5–20% untuk sensor dengan *substrate* TPU.

**Kata kunci:** *flexible strain sensor*, FDM, regangan maksimal, Taguchi

## ABSTRACT

The industrial and manufacturing fields are developing rapidly through the industrial revolution 4.0. One of the pillars is additive manufacturing which makes it easier to produce goods with complex shapes. In production, it is necessary to make prototypes quickly so that they are created rapid prototyping. 3D printing is one of the technologies that can be used to make this prototype. This technology is widely used in various applications, one of which is manufacturing strain sensor to detect strain in an object. Strain sensor has developed until it was created a flexible strain sensor which has a greater degree of strain and has more potential function. Flexible strain sensor can be made from a variety of materials, but most research focuses on making sensor materials which require complex processes. Therefore, this research will make a flexible strain sensor that uses common filament materials on the market, and focuses on optimizing factors to obtain maximum strain levels on the sensor.

Research is carried out by printing flexible strain sensor using a 3D printer named fused deposition modeling (FDM). The filaments used are polylactic acid (PLA), thermoplastic polyurethane (TPU), and acrylonitrile butadiene styrene (ABS). Factors tested include materials of the sensor's substrate, thickness of each part of the sensor, layer height, printing temperature, and printing speed. The experimental design uses the Taguchi method with 18 factor combinations. All factor combinations were printed with three replications for each combination. Then, the sensor will be tensile tested to obtain the maximum strain level. Analysis was carried out with Taguchi, then tested ANOVA, and a validation test was carried out on the analysis results by printing the sensor that had the optimal factor combination.

The research results show that the greatest maximum strain level is obtained from a combination of factors and substrate's material TPU, sensor part thickness 0.3 mm, layer height 0.15 mm, printing temperature 210 °C, and printing speed 40mm/s. The only factor that has a significant influence on the results is the materials of the sensor's substrate, and other factors do not have a significant effect. Then, the maximum strain level range is 2.6–4.7% for sensors with substrate PLA, and 5–20% for sensors with substrate TPU.

**Keywords:** flexible strain sensor, FDM, maximum strain, Taguchi