

INTISARI

Robot lengan adalah struktur lengan mekanis yang banyak digunakan dalam industri manufaktur. Seiring dengan kemajuan teknologi, tuntutan akan peningkatan efisiensi robot lengan semakin meningkat. Hal ini mendorong pengembangan robot lengan dalam berbagai aspek, seperti kecepatan, presisi, dan adaptabilitas. Sejalan dengan upaya pengoptimalan efisiensi, pemilihan material yang ringan namun kuat menjadi hal yang perlu disoroti. Penggunaan material komposit karbon dapat menjadi jawaban atas permasalahan tersebut karena kemampuannya dalam mengkombinasikan kekuatan dan keuletan namun dengan berat yang relatif ringan. Hal ini dapat berdampak pada peningkatan kinerja dan efisiensi, baik dalam hal kecepatan, ketepatan, dan penggunaan daya. Salah satu metode pembuatan produk komposit karbon adalah teknik *compression moulding*. Dalam metode ini, material komposit ditempatkan ke dalam suatu cetakan tertutup lalu ditekan pada kedua sisinya secara merata untuk menghasilkan produk komposit yang padat. Namun, proses manufaktur cetakan memerlukan biaya yang relatif tinggi karena umumnya terbuat dari bahan logam yang difabrikasi menggunakan CNC-machining, sehingga proses tersebut menjadi kurang praktis dan ekonomis untuk diimplementasikan dalam skala produksi kecil seperti keperluan *prototyping*. Maka dari itu, dalam penelitian ini akan digunakan cetakan hasil 3D printing FDM untuk memanufaktur salah satu komponen lengan robot yaitu *kinematic link*.

Penggunaan 3D printing FDM didasarkan atas kelebihanannya dalam menghasilkan produk dengan geometri kompleks namun dengan biaya produksi yang relatif ekonomis. Proses diawali dengan mendesain cetakan dari produk *kinematic link* menggunakan *software* CAD dan kemudian dicetak menggunakan 3D print FDM. Cetakan kemudian diuji secara langsung untuk membuat produk komposit dari bahan *chopped carbon* dan resin epoksi. Terdapat sejumlah revisi pada desain cetakan sebelum akhirnya cetakan berhasil mencetak komposit. Selain itu, juga dilakukan karakterisasi kekuatan produk komposit dengan mengaplikasikan 50% serat panjang pada fraksi volume serat karbon untuk kemudian dilakukan uji tarik.

Setelah dilakukan sejumlah iterasi cetakan, diperoleh parameter desain cetakan, *print*, dan metode optimal berupa *depth overlap* = 2x kedalaman bidang cetak, *draft angle* = 2°, pembuat lubang berupa *pin* terpisah, *infill pattern/density* = cubic/50%, dan metode tekan menggunakan mesin press hidrolik. Hasil pengukuran menunjukkan produk komposit yang dibuat memiliki penyimpangan dimensi sebesar 2,85%. Berdasarkan data uji tarik diperoleh nilai *mechanical properties* pada komposit 100% serat acak adalah *ultimate tensile strength* (UTS) = 203,63 MPa dan *modulus young* = 15 Gpa. Aplikasi 50% serat panjang berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik sebesar 236,8% dengan nilai *ultimate tensile strength* (UTS) = 685,83 MPa dan *modulus young* = 27,48 GPa.

Kata Kunci : Lengan Robot, Komposit Karbon, CFRP, *Compression Moulding*, 3D Printing FDM, Uji Tarik.

ABSTRACT

Arm robots are widely used in manufacturing due to technological advancements and the need for improved efficiency. Their development focuses on speed, precision, and adaptability. To maximize the efficiency, lightweight materials with high strength properties are essential. Carbon composite materials offer a strong and lightweight solution with both strength and ductility. The compression molding technique is utilized in the manufacturing of carbon composite products. During this method, the composite material is inserted into a close mold and subsequently subjected to uniform pressure on both sides, resulting in the creation of a compact composite product. Nevertheless, a drawback of utilizing this approach is the increased cost associated with creating molds, as they are constructed from metal materials produced through CNC machining. Consequently, this technique becomes less cost-effective and efficient when applied to smaller-scale production, such as prototyping. Hence, this research aims to utilize FDM 3D printing molds to produce a specific components of the robot arm, referred to as kinematic link.

The preference to utilize the FDM 3D printing method is determined by its capability to fabricate products with complex geometries while keeping cost-effective production expenses. The process begins by creating a mold for the kinematic link product using CAD software, followed by printing it using fused deposition modelling (FDM) 3D printing. Subsequently, the mold undergoes testing in order to produce a composite product composed of chopped carbon fiber and epoxy resin, it results in a composite product that is properly molded for the desired outcome. Several modifications were made to the mold design before achieving successful molding of the composite material. This study includes enhancement of composite material strength by adding 50% long fibers to the volume fraction of carbon fiber.

After several iterations, an optimal mold design and process was acquired. It includes a mold overlap twice the depth of molded area, 2° draft angle, separated pin for creating bearing holes, a cubic infill pattern with 50% density, and the use of a hydraulic press machine. According to the measurement results, the composite product has a dimensional deviation of 2.85%. The mechanical properties values acquired from the tensile test data before optimization were recorded as ultimate tensile strength (UTS) = 203.63 MPa and Young's modulus = 15 GPa. However, after optimization, there was a significant improvement in mechanical properties, with an increase of 236.8% in both, measured as ultimate tensile strength (UTS) = 685.83 MPa and Young's modulus = 27.48 GPa.

Keywords : Arm Robot, *Carbon Fiber Composite*, CFRP, Compression Moulding, FDM 3D-Printing, Tensile Test.