

INTISARI

Pengembangan struktur *unmanned aerial vehicle* (UAV) atau *drone* menuntut penggunaan material yang ringan namun memiliki kekuatan tinggi, seperti komposit serat karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *bladder compression moulding* (BCM) sebagai solusi manufaktur lengan drone tanpa sambungan (*seamless*) dengan kualitas struktural yang lebih baik. Fokus utama penelitian adalah pembuatan *bladder* berbahan dasar karet lateks alami menggunakan metode *casting* dan membandingkan performa lengan drone yang dihasilkan melalui metode BCM melawan metode *vacuum bagging*.

Proses pembuatan *bladder* dilakukan dengan mendispersikan *Carbon Black N-330* beserta beberapa zat additif lainnya ke dalam matriks lateks dan menuangkannya ke dalam cetakan berinti (*core*). Lengan drone kemudian dimanufaktur menggunakan serat karbon (*woven* dan *unidirectional*) dengan matriks epoksi. Metode BCM dilakukan dengan memberikan tekanan internal sebesar 5 bar, sedangkan *vacuum bagging* menggunakan tekanan vakum standar sebesar 5 Pa. Spesimen diuji berdasarkan standar ASTM D 695 untuk tekan aksial, ASTM D 2412 untuk kekakuan cincin, ASTM D 792 untuk densitas/porositas dan digunakan standar pengujian ASTM D 747 sebagai acuan untuk membuat skema pengujian struktur lengan drone.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *casting* efektif untuk memproduksi bladder dengan geometri kompleks, meskipun terdapat tantangan berupa penyusutan dimensi. Secara mekanis, lengan komposit yang diproduksi dengan bladder compression moulding menunjukkan keunggulan signifikan dibandingkan metode *vacuum bagging*. Setelah dilakukan uji tekan secara aksial, produk BCM dapat menahan beban sebesar 13,85 MPa yang mana lebih tinggi 13,15% dibandingkan *vacuum bagging*. Hasil pengujian kekakuan cincin menunjukkan bahwa produk BCM memiliki kekakuan cincin sebesar 5,83 kPa, lebih tinggi dibandingkan dengan produk vacuum bagging yang hanya sebesar 0,81 kPa. Keunggulan utama metode BCM terletak pada konsolidasi material yang lebih baik, dibuktikan dengan nilai porositas yang sangat rendah yaitu 3,22%, berbanding jauh dengan *vacuum bagging* yang mencapai 12,18%. Pada pengujian struktur, lengan drone metode BCM mampu menahan beban di atas 18 kg tanpa kegagalan, memvalidasi integritas strukturnya untuk aplikasi penerbangan.

Kata kunci: *bladder*, karet lateks alami, *casting*, *bladder compression moulding*, lengan drone, komposit

ABSTRACT

The development of unmanned aerial vehicle (UAV) or drone structures necessitates the use of lightweight yet high-strength materials, such as carbon fiber composites. This research aims to implement the Bladder Compression Moulding (BCM) method as a manufacturing solution for a seamless drone arm with superior structural quality. The main focus of this study is the manufacture of a natural latex rubber-based bladder using a casting method and the comparison of the performance of drone arms produced via the BCM method against the vacuum bagging method.

The bladder manufacture process involved dispersing Carbon Black N-330 along with several other additives into the latex matrix and pouring the mixture into a cored mold. Subsequently, the drone arms were manufactured using carbon fibers (woven and unidirectional) with an epoxy matrix. The BCM method was performed by applying an internal pressure of 5 bar, while the vacuum bagging method utilized a standard vacuum pressure of 5 Pa. Specimens were tested according to ASTM D 695 for axial compression, ASTM D 2412 for ring stiffness, and ASTM D 792 for density/porosity. Additionally, ASTM D 747 was utilized as a reference standard to design the structural testing scheme for the drone arm.

The results indicate that the casting method is effective for manufacturing bladders with complex geometries, despite the challenge posed by dimensional shrinkage. In terms of mechanical performance, the composite arms manufactured using Bladder Compression Moulding (BCM) exhibited significant superiority compared to those produced via the vacuum bagging method. Upon axial compression testing, the BCM specimens were able to withstand a load of 13,85 N, which is 13.15% higher than vacuum bagging. The ring stiffness test results demonstrated that the BCM product possessed a ring stiffness of 5,83 kPa, significantly surpassing the vacuum bagging product, which only achieved 0,81 kPa. The primary advantage of the BCM method lies in superior material consolidation, evidenced by a significantly low porosity value of 3,22%, in stark contrast to the 12,18% observed in the vacuum bagging samples. In structural testing, the BCM drone arm was capable of withstanding loads exceeding 18 kg without failure, thereby validating its structural integrity for flight applications.

Keywords: *bladder, natural rubber latex, casting, bladder compression moulding, drone arm, composite*