

Evolusi Pencetakan 3D dan Kemunculan Pencetakan 4D

written by Saarani Vengadesen | 15/03/2022

Pencetakan 3D merupakan suatu teknologi yang telah biasa didengari. Tapi adakah anda pernah mendengar tentang pencetakan 4D?

[Pencetakan 3D](#) ialah kaedah mencipta objek tiga dimensi menggunakan teknik fabrikasi lapisan demi lapisan berdasarkan reka bentuk ciptaan komputer. Spektrum teknologi pencetakan 3D yang luas adalah disebabkan oleh ia serba boleh dalam memfabrikasi objek termasuk geometri dalaman mengikut citarasa pengguna. Secara amnya, pelbagai jenis bahan boleh digunakan bagi pencetakan 3D, bagaimanapun, [bahan plastik](#) dan [aloi logam](#) adalah antara bahan yang popular pada masa kini.

Walaupun bahan pencetakan aloi logam boleh dikitar semula, tetapi prosesnya agak rumit di samping kosnya amat mahal berbanding bahan plastik yang mudah didapati di kedai atau pembelian secara maya. Dalam pencetakan 3D, [fused deposition modeling](#) (FDM) merupakan teknologi yang paling popular disebabkan tekniknya yang serba boleh dalam mencetak pelbagai objek, efektif dari segi kos, teknik yang mudah, keserasian dengan pelbagai bahan, kelajuan mencetak prototaip yang tinggi di samping kesan persekitaran yang rendah. FDM menggunakan bahan filamen plastik untuk proses pencetakannya. Namun, bahan plastik yang terdapat di pasaran rata-rata adalah tidak mesra alam dan memberi kesan negatif kepada alam sekitar untuk jangka masa panjang. Bahan plastik yang dimaksudkan ini adalah berteraskan petroleum atau sintetik yang mengambil masa bertahun-tahun untuk dilupuskan dan meninggalkan jejak karbon.

Bagi menyahut dan menyokong kempen kerajaan Malaysia menuju ke arah sifar plastik sekali guna pada tahun 2030, bahan [bioplastik](#) atau [komposit plastik berteraskan gentian semulajadi](#) telah banyak digunakan. Bioplastik bersifat mesra alam, boleh diperbaharui serta mudah diperolehi pada kos yang berpatutan. Kajian penilaian kitaran hidup untuk [asid polilaktik](#) (PLA) contohnya, telah membuktikan bahawa bioplastik ini tidak memberi kesan kepada pembebasan gas [rumah hijau](#). Bioplastik PLA bersumberkan bahan semulajadi seperti kanji daripada ubi kayu dan jagung. Di Malaysia contohnya, kajian terhadap gentian semulajadi telah lama dilakukan oleh ramai penyelidik samada di universiti mahupun di pusat penyelidikan. Antara gentian semula jadi daripada pokok yang dikaji termasuklah tandan kosong kelapa sawit, kayu getah, kulit durian, serabut kelapa, dan kenaf.

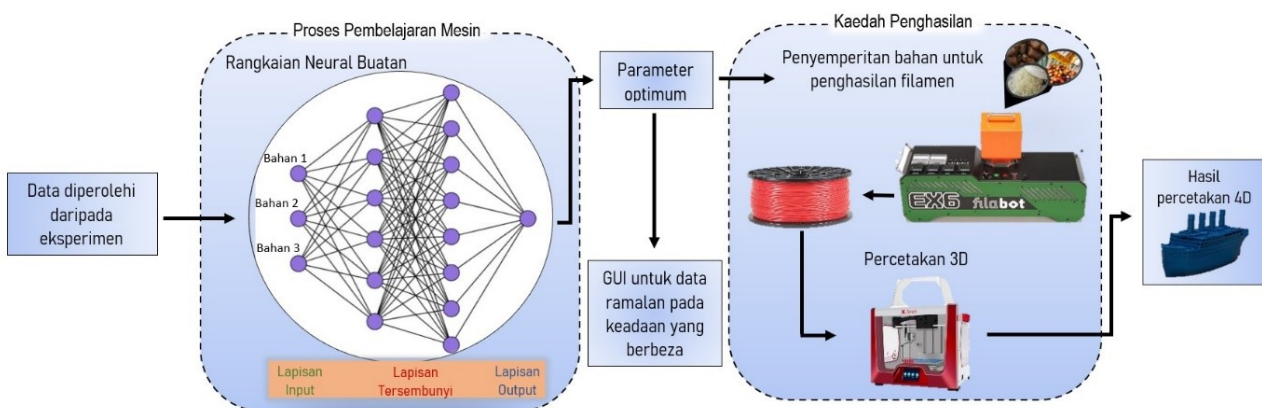
Dunia teknologi kini terus berkembang kepada bahan [pencetakan 4D](#) iaitu penambahbaikan kepada pencetakan 3D yang statik. Struktur mikro objek yang direka dan dicetak melalui pencetakan 4D kerana dimensi tambahan yang boleh diaktifkan berdasarkan rangsangan dan berkadar dengan masa. Hasilnya ialah perubahan objek pencetakan 4D dari segi saiz, bentuk, sifat dan fungsi berdasarkan rangsangan yang berubah-ubah, seperti panas, elektrik, daya tarikan, dan tekanan pneumatik. Dalam misi menjadikan objek cetakan 3D itu 'hidup', salah satu cabaran dalam pencetakan 4D ialah bagaimana membangunkan bahan pintar novel yang boleh responsif kepada pelbagai rangsangan. PLA merupakan salah satu contoh bahan pintar dan mempunyai kemampuan berubah apabila dikenakan rangsangan. Ini adalah disebabkan struktur molekul PLA yang terdiri daripada dua fasa. Fasa lembut dalam PLA boleh diperbaiki dengan pemplastik manakala kehadiran gentian semula jadi akan bertindak sebagai tapak nukleasi.

Secara konvensional, lazimnya bahan plastik diproses melalui proses penyemperitan dan dibentuk melalui pengacuanan suntikan. Proses yang sama juga perlu dilalui oleh komposit plastik berpengisi gentian bagi menghasilkan sesuatu produk. Bagi kedua-dua jenis bahan, pengawalan parameter pemprosesan adalah perkara yang paling kritikal. Dengan mengaplikasikan kaedah pembelajaran mesin ([machine learning](#), ML), produk komposit atau plastik dapat dihasilkan dengan optimum sekaligus mengurangkan proses percubaan yang melibatkan banyak bahan mentah.

Model ML merupakan aplikasi kecerdasan buatan ([artificial intelligence](#), AI) yang berkeupayaan meramal pembuatan, sifat dan prestasi biokomposit secara dinamik dan optimum. Melalui ML, model akan dilatih menggunakan data eksperimen daripada biokomposit berpengisi gentian. Model yang terhasil menggunakan kaedah *meta-heuristic*, iaitu proses ramalan berulang kali dapat dijalankan secara automatik dalam tempoh yang pendek. Parameter yang terlibat di dalam ML adalah seperti ketinggian lapisan, suhu penyemperitan dan kepantasan pencetakan.

Letusan era [revolusi industri 4.0](#) (IR4.0) berteraskan AI, [Internet Pelbagai Benda](#) (IoT) dan automasi dalam bidang pembuatan telah meningkatkan prestasi keupayaan bahan pencetakan 4D dengan lebih efisien dan berdaya saing tinggi. Lebih banyak sistem dan peralatan boleh dihubungkan secara digital dan menggunakan aplikasi yang sesuai. Syarikat-syarikat yang telah memulakan pembuatan dengan kaedah IR4.0 dapat meraih faedah produktiviti yang lebih tinggi, mengurangkan kos tenaga kerja serta penghasilan produk yang lebih berkualiti.

Bidang [robotik](#) juga semakin berkembang kerana kemajuan filamen pencetakan 4D kerana bidang ini sangat sinonim dengan ketepatan dan ketegaran yang tinggi. Walau bagaimanapun, dalam beberapa tahun kebelakangan ini teknologi baru robotik lembut muncul dengan menambah fleksibiliti dan kemampuan menyesuaikan diri yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan dengan robot konvensional yang kaku. Kemajuan pencetakan 3D dimanifestasikan dalam robotik lembut sebagai potensi pencetakan 4D. Teknologi 4D dijangka berupaya meningkatkan kemampuan kemajuan teknikal termasuk kebebasan dalam memodelkan struktur 3D robotik baharu.



Gambarajah menunjukkan proses penghasilan bahan pencetakan 4D melalui aplikasi Artificial Intelligence

Justeru bahan plastik yang mesra alam amat penting dibangunkan pada masa kini kerana keperluannya yang mendesak dalam IR4.0. Sasaran Malaysia iaitu [Aktiviti Pertumbuhan Ekonomi Utama](#) (KEGA) dan Malaysia Mega Sains 2050 menerusi Ekonomi Hijau menandakan keperluan sumber yang inklusif menggantikan bahan plastik berasaskan petroleum. Ini seterusnya dapat membantu memenuhi pelan MySTIE 10-10 yang telah digariskan oleh Akademi Sains Malaysia yang merupakan pemacu teknologi pintar sosio-ekonomi Malaysia

bagi merealisasikan Wawasan Kemakmuran Bersama 2030.

[Profesor Ts Dr Hazleen Anuar](#) ialah Pensyarah di Jabatan Pembuatan dan Bahan, **[Fakulti Kejuruteraan, Universiti Islam Antarabangsa Malaysia](#)**.

[Profesor Madya Ir Dr Siti Fauziah Toha](#) ialah Ketua Penyelidik Kejuruteraan Penjagaan Kesihatan dan Rehabilitasi, Jabatan Mekanik, Fakulti Kejuruteraan, **[Universiti Islam Antarabangsa Malaysia](#)**.