

# PENGEMBANGAN MINIATUR MESIN CETAK 3D UNTUK KOMPOSIT SEMEN DAN RUMPUT PAYUNG

Harsa Dhani<sup>1\*</sup>, Nereus Tugur Redationo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik –  
Universitas Katolik Widya Karya

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik –  
Universitas Katolik Widya Karya

Email: [dhani\\_mesin@widyakarya.ac.id](mailto:dhani_mesin@widyakarya.ac.id)

## ABSTRACT

*Housing need in Indonesia increases every year in proportional with the housing price itself, caused by price increase in land and building material. One alternative solution for this problem is by utilizing local indigenous building material. By today technology advances, it is possible that composite material can be casted directly to be a three dimensional object with 3D printing technology. The whole printing equipment consists of a mixer, a screw pump and a 3D printer. On previous research, we have finished the mixer and the screw pump, while in this research we have finished the design of 3D printer which constituted from mechanical components, electrical components, and software. Machine structure is built from MDF (Medium Density Fibreboard), while linier motions in x, y and z directions are implemented by screw linkages; furthermore, screws are powered by stepper motor actuators. Next, the electronic components are designed with compatibility in mind, which composed of microcontroller arduino mega 2560, interface RAMPS 1.4, power supply, and HMI (Human Machine Interface). Finally, the other important consideration, software to change the CAD (Computer Aided Drawing) file into machining file, we use open source software ReplicatorG.*

**Keywords:** *advance manufacturing, composite printing, 3D printer*

## PENDAHULUAN

### Kearifan Lokal

Pada zaman sebelum industrialisasi, masyarakat di belahan dunia yang memanfaatkan kearifan lokal, yaitu bahan-bahan yang tersedia di sekitarnya untuk membangun rumah. Mereka memanfaatkan batu, tanah, dan tanaman untuk membuat rumah sesuai kebutuhan akan perlindungan dari binatang buas, pencuri dan juga iklim yang ekstrim. Salah satu bahan natural yang digunakan adalah bahan komposit tanah liat dan rumput untuk membuat bangunan, dan terbukti

bangunan seperti ini dapat bertahan ratusan tahun, seperti bangunan *Citadel of Bam* di Iran, yang dibangun 500 SM, masih bertahan hingga sekarang, meskipun mengalami sebagian kerusakan akibat gempa bumi di tahun 2003 (<http://whc.unesco.org/en/list/1208>). Memasuki era industrialisasi, masyarakat diberi tawaran material yang praktis seperti batu bata dari tanah liat yang dibakar, semen sebagai perekat, dan lainnya. Material-material ini dengan cepat digunakan luas karena praktis, mudah diangkut, kuat, dan tersedia luas. Tetapi bukan berarti tanpa kelemahan, pembuatannya memerlukan energi pembakaran yang besar sehingga

mencemari lingkungan dan menyumbang kenaikan temperatur global. Selain itu karena bahan ini menjadi obyek perdagangan, harganya semakin meningkat dari tahun ke tahun oleh karena naiknya permintaan dan penyesuaian dengan mata uang global. Pada tahun 2014 dan 2015, harga bahan bangunan secara nasional terus naik akibat kenaikan harga bahan bakar minyak dan pelemahan rupiah terhadap dolar, sehingga semakin melemahkan daya beli masyarakat.

Fakultas Teknik telah menyusun Rencana Induk Penelitian Fakultas (RIP Fakultas) dengan topik utama material komposit. Bahan komposit bangunan yang diteliti oleh Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya, diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif solusi permasalahan ini. Penggunaan rumput payung sebagai matriks penguat dan semen sebagai *filler* perekat, diharapkan dapat memanfaatkan potensi lokal dan mengurangi penggunaan bahan bangunan komersial. Namun kendala yang dihadapi saat ini adalah bila bahan ini dicetak menjadi lembaran, maka pemotongannya relatif sulit, memerlukan gergaji sirkular dengan mata potong keramik atau pemotongan dengan water jet, atau laser. Bila dipotong dengan gergaji sirkular, akan sulit membuat potongan selain garis lurus. Saat ini pun untuk membuat benda uji tarik bagi *specimen* penelitian material komposit, ada kesulitan pembuatan *specimen* uji yang berbentuk tertentu seperti tulang. Selain itu penyambungan di lapangan juga mengalami kesulitan karena bahan tidak dapat dengan mudah dipaku atau dibor seperti material

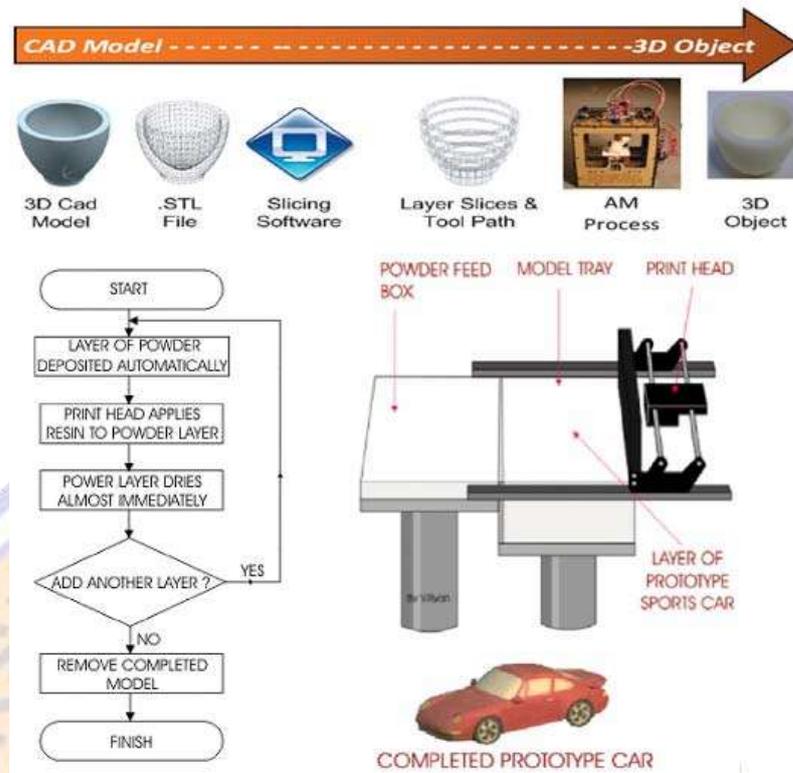
triplek, MDF (*Medium Density Fibreboard*), asbes atau *silica board*.

Pemanfaatan teknologi cetak menggunakan teknik 3D *printing* sebagai salah satu alternatif untuk membuat/mencetak produk-produk komposit. Bentuk yang rumit, akurasi, dan waktu pengerjaan dapat dikendalikan dengan program komputer serta alat penunjang lainnya.

### Mesin 3D Printing

Teknologi terbaru dalam bidang manufaktur, khususnya *additive* atau *rapid manufacturing*, dapat membuat barang jadi langsung dari model komputer, sehingga proses manufaktur tradisional seperti *cutting*, *milling*, *grinding*, *die casting*, dan lain-lain dapat di *bypass* untuk mendapatkan keuntungan waktu, material, energi dan biaya (Subic, 2013).

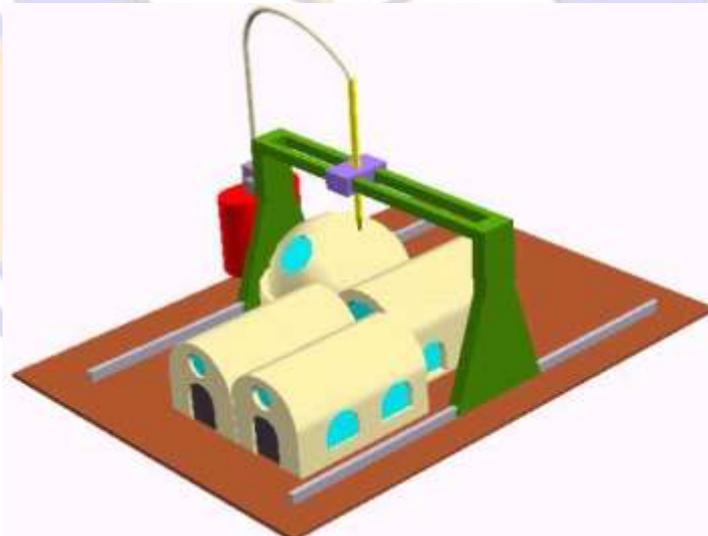
*Additive Manufacturing* adalah proses dimana data digital 3 dimensi digunakan untuk membangun sebuah komponen lapis demi lapis dengan menumpuk material. Ada beberapa sinonim lain untuk proses ini, yaitu *Stereolithography*, *Rapid Manufacturing* dan *3D Printing*; tetapi yang lebih populer adalah *3D Printing*. Proses pembuatan material komposit dilakukan dengan dengan tahapan sebagai berikut: pertama-tama kita membuat model 3 dimensi dengan CAD *software*, kemudian diubah menjadi *file* dengan ekstensi \*.STL untuk dapat dipertukarkan ke proses selanjutnya. *file* STL kemudian diproses dengan *software Slicing* supaya gambar menjadi lapisan-lapisan dua dimensi. Lapisan dua dimensi ini diterjemahkan lagi menjadi gerakan *tool* satu dimensi dengan *software Tool Path*. Berikut skema proses 3D *Printing*:



**Gambar 1.** Teknologi 3D Printing  
(Sumber: Pathade, dkk; 2015)

Mesin pencetak 3D *Printing*, telah dibuat dengan berbagai model untuk kebutuhan

tertentu, dan untuk aplikasi di bidang konstruksi bangunan, telah dirancang model *gantry* seperti gambar berikut:



**Gambar 2.** Mesin Pencetak 3D  
(Sumber: Khoshnevis, 2004)

Mekanisme dibuat dengan *system gantry*, yang membawa nosel bergerak di atas dua rel paralel yang diinstal di *site* (Khoshnevis, 2004). Mekanisme ini menggunakan kedua rel kiri dan kanan sebagai sumbu x, *gantry* penghubung di atas sebagai rel sumbu y, dan mekanisme naik turun nosel sebagai sumbu z. Jika diameter nosel didesain dengan diameter 2 cm, maka sumbu z bergerak dengan interval 2 cm juga (Malaeb, et.al., 2015).

Semen sebagai tinta, dari tangki *storage* dipompa menuju ujung nosel, dimana ujung nosel ini digerakkan searah sumbu x dengan oleh kedua rel bawah, sementara gerakan sumbu y oleh platform *gantry* atas dan searah sumbu z oleh bearing sekeliling nosel. Gerakan nosel dikontrol oleh *software Tool Path* yang telah disebutkan di atas.

Adapun kontrol yang digunakan melibatkan beberapa elemen sebagai berikut (Fabianski, 2014):

1. Kontrol gerakan dan ekstrusi
2. Kontrol temperatur
3. Deteksi posisi nol *head printer*
4. Kontrol pendinginan
5. Komunikasi dengan host dan/atau
6. Memori internal untuk eksekusi mandiri

Desain nosel itu sendiri, untuk digunakan dengan semen sebagai tintanya, telah diteliti bila berisi *aggregate* maksimum 2 mm, diameter nosel optimum adalah 2 cm (Malaeb, dkk;

2015). Campuran semen yang optimum pada penelitian ini, didapatkan berisi 125 gr semen, 80 gr pasir, 160 gr *aggregate maximum* 2 mm, 1 ml *accelerator*, dan 1 ml *super plasticizer* dengan kekuatan tekan 42 MPa.

Selain itu, penggunaan material komposit juga telah dicoba pada alat 3D *Printing* dengan menggunakan campuran sisa serbuk kayu dipadukan dengan material komersial ZP102, yang mendapatkan hasil bahwa sifat-sifat mekanis komposit semakin meningkat dengan penambahan filler serbuk kayu sampai 50% volume, diatas itu akurasi dimensi dan kualitas permukaan akan menurun (Wahab, dkk; 2013).

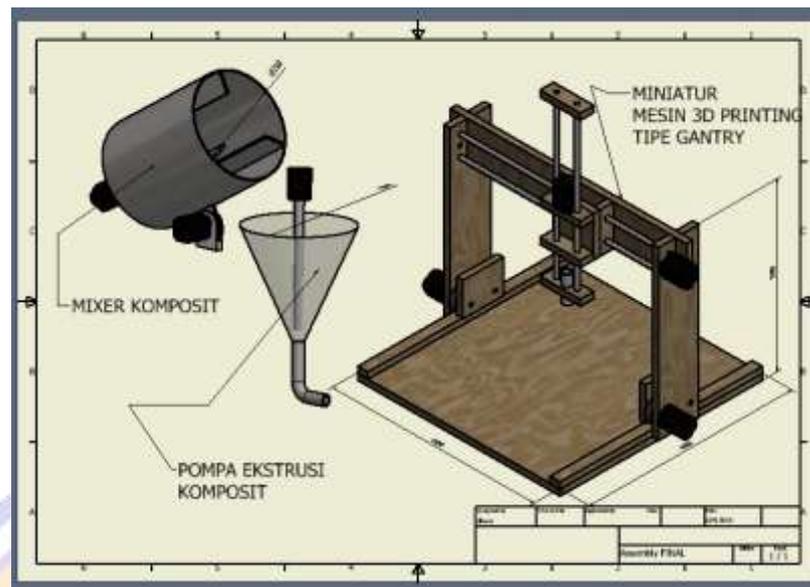
### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian adalah:

1. Menghasilkan alat pencetak 3D *printing* untuk produk komposit
2. Mendapatkan beberapa variabel dalam perancangan mesin 3D printer yang ekonomis dan dapat bekerja dengan baik

### **BAHAN DAN METODE**

Penelitian termasuk dalam penelitian terapan perancangan alat, dengan data awal adalah spesifikasi mesin miniature dengan dimensi maksimum x: 30cm, dimensi maksimum y: 30 cm dan dimensi maksimum z: 20 cm. Mesin dapat bergerak dengan input gambar tiga dimensi dari CAD. Berikut gambar rancangan alat:



**Gambar 3.** Rancangan alat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komponen mekanik

Komponen mekanik terdiri atas struktur mesin, *linkage* dan aktuator yang bekerja sama membentuk fisik mesin. Struktur mesin dirancang dengan bentuk dua buah gawangan sejajar yang menyerupai bentuk mesin pengangkat dan merupakan bentuk yang stabil dan ringkas. Karena mesin ini merupakan miniatur, bentuknya juga dipikirkan untuk mudah diskala. Adapun material yang dipakai adalah MDF (*Medium Density Fibreboard*) yang dipilih terutama karena kemampuan permesinannya yang sangat baik, dan dapat dikerjakan dengan baik dari sisi lebar maupun dari sisi tebalnya. Karena pembebanan mesin terutama adalah *bending*, maka diperhatikan pula *bending strength* dari material ini, yaitu 30-44 MPa. Artinya, material ini dapat menahan *bending* sampai kira-kira 300 kg tiap centimeter persegi. Meskipun kekuatan *bending / fleksure*-nya masih dibawah plastik (500 MPa (Polyethylene)) tetapi kekuatan tersebut sudah cukup untuk menahan gerakan motor dan beban-beban.

*Linkage* untuk gerakan, terutama adalah untuk gerakan linear searah sumbu x,y dan z. Pada umumnya aktuator adalah motor yang bergerak secara rotasi, tetapi gerakan yang diinginkan adalah gerakan linier, maka

diperlukan *linkage* untuk mengubah gerakan rotasi menjadi gerakan linier yang terkontrol dan akuntabel. Ada beberapa cara mengubah gerakan ini seperti gerakan *timing belt*, gerakan *chain* dan *sprocket*, gerakan *gear rotary* dan *linear*, gerakan *rack* dan *pinion*, gerakan *screw*, gerakan *4 bar linkage* dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini dipilih gerakan *screw* karena dapat berhenti dengan presisi di tempat yang ditentukan dan pengaturan mekanisme cukup sederhana. *Screw* yang dipakai adalah M10x1.5, yang berarti setiap satu putaran penuh gerakan rotasi akan diubah menjadi gerakan linier 1,5 mm. Untuk mengarahkan gerakan pada garis lurus, tiap sumbu diarahkan oleh dua buah *shaft* dengan *bushing* ABS sebagai bantalan linear.

Pada penelitian ini juga diamati posisi penempatan aktuator yang terbaik untuk metode *screw*. Untuk gerakan sumbu x, aktuator ditempatkan pada posisi yang bergerak di tengah antara dua referensi diam. Sedangkan sumbu y, digerakkan oleh aktuator pada posisi diam yang ditempatkan pada referensi diam di salah satu ujung. Dan yang terakhir, sumbu z, aktuator ditempatkan pada posisi bergerak di ujung yang bergerak. Dari pengamatan, posisi aktuator pada referensi diam memerlukan torsi yang lebih tinggi, dalam kata lain, gerakan sumbu y memerlukan torsi lebih tinggi daripada

torsi untuk memutar sumbu x dan z. Sementara tidak ada perbedaan torsi yang signifikan antara sumbu x dan z.



**Gambar 4.** Mekanisme gerakan searah sumbu x



**Gambar 5.** Mekanisme gerakan searah sumbu y



**Gambar 6.** Sumbu z



**Gambar 7.** Struktur mesin

Aktuator yang dipakai adalah motor *stepper unipolar* FH6-1178 Step Syn Sanyo Denki, yang merupakan motor yang posisinya relatif mudah dikontrol dengan memberikan pulsa listrik DC, tiap pulsa listrik yang diberikan menghasilkan gerakan 1,8 derajat. Ini merupakan pengontrolan secara *open loop* yang lebih mudah daripada dengan *closed loop* menggunakan motor *servo*.

### Komponen Elektronik

Untuk mengaktifkan motor dan melakukan gerakan yang terkontrol, diperlukan beberapa komponen elektronik, seperti *mikrocontroller*, *interface*, HMI (*Human Machine Interface*), catu daya dan *end stops*. Mikrokontrol merupakan pusat otak dari mesin yang mengarahkan gerakan, dan pada penelitian ini digunakan Arduino Mega 2560. Tipe ini merupakan mikrokontrol keluarga arduino dengan chip, input dan output yang cukup untuk menggerakkan sebuah 3D *printer*. Keluarga arduino cukup populer untuk dipilih karena pemrogramannya yang semakin

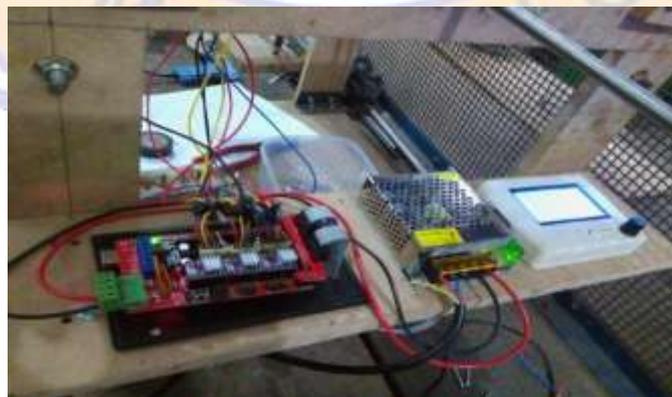
dipermudah dengan pemakaian bahasa C arduino.

Sedangkan *interface* dan HMI yang dipakai adalah tipe RAMPS versi 1.4 dengan LCD *display*. Pemilihan ini berdasarkan kecocokan input output dengan mikrokontroler, dan RAMPS khusus dibuat untuk *interface* mikrokontroler arduino dengan motor *stepper* yang sangat cocok untuk pemakaian 3D *printing*.

Catu daya diperlukan untuk mengubah daya listrik PLN menjadi DC 12 volt yang dibutuhkan untuk menggerakkan semua komponen elektronika; yang digunakan adalah catu daya DC *switching* 12v 5A. Sedangkan untuk mengamankan gerakan tiap sumbu agar diketahui batas-batas gerakan, dipasang *end stops*. Hal ini untuk memberikan umpan balik agar pada akhir gerakan, motor *stepper* diketahui posisinya dan mengamankannya agar tidak terus berputar mendesak struktur mesin dan kemudian terbakar. *End stops* dipasang sejumlah 6 buah, dan tiap sumbu mendapat 2 buah.



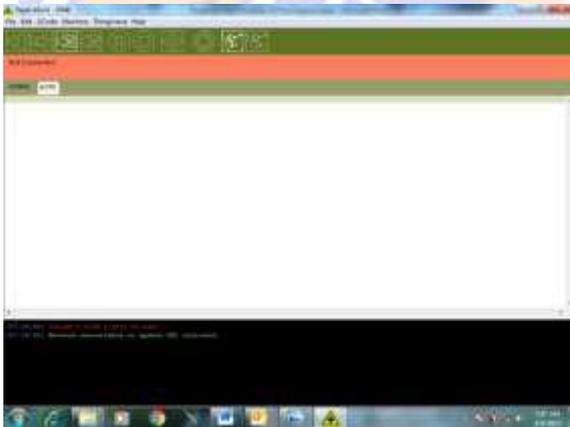
Gambar 8. *End stops*



Gambar 9. Mikrokontoler dan *interface*, *power supply*, dan HMI

## Software

Pertama-tama kita menggambar terlebih dahulu bentuk yang akan kita cetak dengan *software* CAD (Computer Aided Design) seperti Autocad, Autodesk Inventor atau Mechanical CAD. Kemudian file gambar tersebut kita convert menjadi file ekstensi .stl, ini dapat dilakukan dalam *software* CAD tersebut. Hasil file kemudian kita terjemahkan menjadi gerakan dengan berbagai *software* CAM (*Computer Aided Machining*). Pada penelitian ini digunakan *open source software* ReplicatorG versi 0040, yang dapat menterjemahkan file .stl menjadi G code untuk gerakan dan kemudian ke file s3g atau x3g yang dapat disimpan dalam SD card atau langsung dikoneksikan dengan mikrokontrol. Berikut tampilan ReplicatorG:



Gambar 10. Tampilan ReplicatorG 0040

## PENUTUP

Dalam penelitian ini, telah diselesaikan perancangan komponen mekanik yang berupa struktur mesin, *linkage* gerakan dan aktuator; komponen elektronik yang berupa mikrokontroler, *interface*, catu daya, HMI (*Human Machine Interface*) dan *end stop*; sementara program dan *software* yang dipakai adalah ReplicatorG.

Pada perancangan mekanik, struktur mesin dipilih dari bahan MDF untuk pertimbangan kekuatan *bending* dan kemampuan permesinan. Untuk *linkage*, dipilih mekanisme *screw* untuk pertimbangan mekanisme ini dapat berhenti di posisi

manapun tanpa alat tambahan dan penghitungan pemrograman yang lebih pasti karena *pitch* sudah tertentu untuk satu putaran. Akhirnya, untuk aktuator, dipilih motor *stepper* untuk pertimbangan harga yang terjangkau dan kepresisian yang cukup.

Berikutnya adalah komponen elektronik, yang dirancang terutama untuk kompatibilitas dengan komponen lainnya. Mikrokontroler sebagai komponen utama, dihubungkan dengan komponen mekanik melalui *interface* dan kemudian untuk memantau gerakan, diperlukan HMI (*Human Machine Interface*). Daya listrik masuk diatur oleh catu daya DC. Sementara *end stop* dipakai sebagai *feedback* posisi awal dan sebagai pengamanan gerakan.

*Software* yang dipakai adalah ReplicatorG yang mengubah file gambar dalam ekstensi .stl menjadi G code atau file s3g atau x3g yang dipakai untuk pengontrolan gerakan.

Penelitian akan dilanjutkan berikutnya untuk diteliti gerakan otomatis dan hasil pencetakan material komposit.

## REFERENSI

Fabianski, Bogdan, 2014. *New, three dimensional desktop printer control system based on STM32F4 microcontroller with extended interfaces*. Computer Applications in Electrical Engineering, Vol 12 p 353-363.

<http://whc.unesco.org/en/list/1208>

Khoshnevis, B., 2004, *Automated Construction by Contour Crafting – Related Robotics and Information Technologies*, Journal of Automation in Construction, Vol 13, Issue 1, January 2004, pp 5 - 19.

Malaeb, Z., et.al., 2015, *3D Concrete Printing: Machine and Mix Design*, International Journal of Civil Engineering and Technology, Vol 6, Issue 6, June (2015), pp 14 - 22.

Pathade, H., et.al., 2015, *3D Printing Technology*, International Journal of Multidisciplinary Research and Development 2015; 2(3): 351-358.

- Subic, A., 2013, *Advanced Manufacturing at RMIT*, Engineers Australia, June 2013, pp 34.
- Wahab, M.S., et.al., 2013, *Development of Wood-Based Composites Material for 3D Printing Process*, Applied Mechanics and Materials, Vol. 315 (2013), pp 987 – 991.

