

Menyiapkan Adaptasi Teknologi Terkini Melalui Upaya Pemahaman Proses dan Penyiapan Sumberdaya Manusia (Studi Kasus *3D Printing-Rapid Prototyping*)

Duddy Arisandi

Jurusan Teknik Mesin-Akademi Teknik Soroako, Jl. Soemantri Brojonegoro No.1

Soroako- Sulawesi Selatan

E-mail : duddy_arisandi@yahoo.com

Abstrak. Umumnya pemutakhiran teknologi manufaktur bagi suatu industri atau institusi pendidikan ditujukan untuk meningkatkan benefit dan profit dikaitkan dengan *quality, cost, delivery, safety*, dan *moral*. Seringkali dijumpai bahwa upaya pemutakhiran teknologi tidak diikuti dengan pemahaman komprehensif karakter prosesnya serta tidak ditunjang oleh kompetensi sumberdaya manusianya, sehingga mengakibatkan kerugian. Tidak jarang dijumpai bahwa fasilitas tidak dapat digunakan karena kompetensi yang ada tidak menunjang (bahkan sumberdayanya sudah dilatih untuk mengoperasikan fasilitas tersebut). Untuk mengatasi kondisi tersebut maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan agar adaptasi teknologi terkini dapat ditunjang oleh kompetensi sumberdaya manusianya. Makalah ini akan membahas studi kasus teknologi terkini *3D Printing-Rapid Prototyping* (RP), yang mulai banyak digunakan di Indonesia oleh kalangan industri maupun institusi pendidikan. Dengan mendeskripsikan prosesnya secara komprehensif, maka akan muncul tuntutan-tuntutan awal kompetensi yang sudah harus disiapkan, dan pada saatnya teknologi tersebut diadaptasi maka tidak akan ada masalah lagi. Kompetensi tersebut meliputi : pemodelan CAD 2D dan 3D, teknologi manufaktur, metrologi industri, lingkungan keselamatan dan kesehatan kerja, teknologi material, dan pemeliharaan mesin. Studi kasus *3D Printing-Rapid Prototyping* dilakukan menggunakan mesin ZPrinter-450, serbuk ZP151 (*high performance composite powder*), binder ZB63 (*clear binder solution*), perangkat lunak Autodesk Inventor 2013, STL Viewer V1.1, dan Z-Edit.

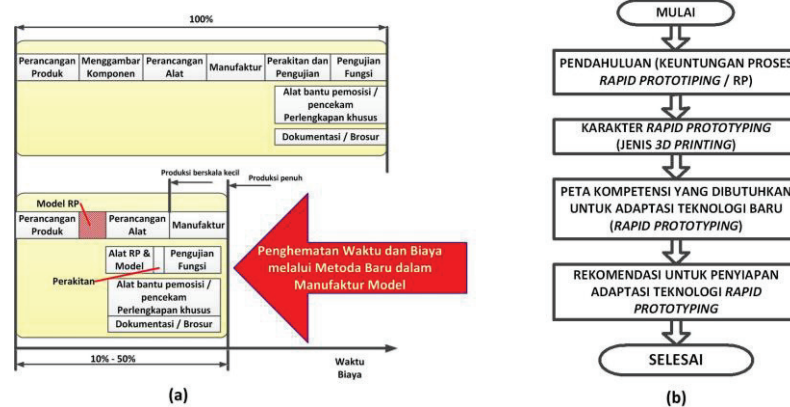
Kata Kunci: Karakter Proses, Kompetensi, *Rapid Prototyping*

1. Pendahuluan

Pengembangan produk baru umumnya dilakukan melalui pembuatan suatu *prototype* (produk tiruan) sebelum investasi terhadap fasilitas produksi dilakukan. Penyiapan produksinya akan membutuhkan biaya yang besar dan memakan waktu yang lama. Sehingga salah satu konsekwensinya dibuatlah *prototype* untuk mengevaluasi rancangan dan mengantisipasi kesalahan yang terjadi sebelum produk kompleks tersebut (berikut sistemnya) siap untuk diproduksi dan dipasarkan.

Umumnya proses produksi *prototype* akan memakan waktu yang lama (penyiapan alat-alat untuk kebutuhan produksi), bahkan jika produk diproses menggunakan mesin-mesin konvensional akan mengalami kesulitan dikarenakan bentuk produk yang kompleks. Selain itu dibutuhkan pula biaya yang mahal termasuk untuk pelaku prosesnya.

Untuk mengantisipasi kondisi tersebut dikenalkanlah suatu teknologi *rapid prototyping* (RP) yang bertujuan untuk mengurangi waktu dan biaya pembuatan *prototype* seperti ditunjukkan pada Gambar-1a.



Gambar 1 : (a) Pengenalan teknologi RP pada proses perancangan [1], (b) Alur metoda pemaparan

Mengingat kebutuhan teknologi tersebut banyak diminati oleh dunia industri dan institusi pendidikan, maka berlomba-lombalah mereka untuk mengadaptasi teknologi tersebut. Investasi untuk mengadaptasi teknologi tersebut tidaklah murah diakibatkan kecanggihannya kandungan teknologinya.

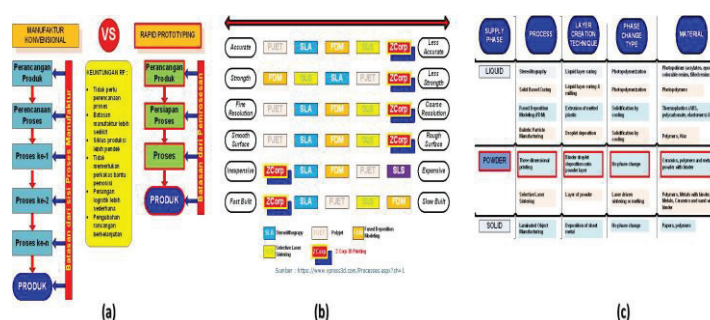
Tidak jarang perusahaan ataupun institusi pendidikan yang mengadaptasi teknologi tersebut mengalami kendala pada saat mesin telah terpasang dan siap untuk digunakan. Kendala umum yang terjadi dikarenakan kurangnya pemahaman terhadap teknologi baru tersebut, dan kompetensi pendukung yang dimiliki oleh sumberdaya manusianya.

Untuk mengantisipasi kondisi tersebut maka dilakukan penelitian dengan metoda pemaparan seperti ditunjukkan pada Gambar-1b.

2. Karakter Proses *Rapid Prototyping* (3D Printing)

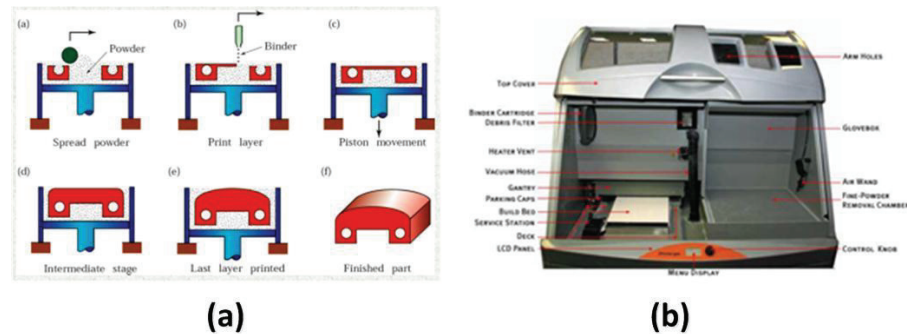
2.1 Definisi *rapid prototyping* dan perbandingannya dengan metoda konvensional

Rapid prototyping merupakan pemrosesan fabrikasi lapisan demi lapisan untuk membentuk model fisik 3D secara langsung dari CAD (*Computer Aided Design*) [2]. Teknologi ini menggunakan prinsip teknik proses penambahan untuk menghasilkan model fisik berupa lapisan demi lapisan. Model dapat dihasilkan dengan waktu pemrosesan yang cepat, menggunakan sumber data langsung dari 3D-CAD, untuk produk yang kompleks, dengan tidak memerlukan mesin/alat perkakas, dan untuk beragam jenis material. Gambar-2a menunjukkan perbandingan metoda manufaktur konvensional dengan *rapid prototyping*. Jenis teknologi RP beragam, dan penggunaannya disesuaikan dengan tujuan *prototype* yang ingin dicapai (Gambar-2b). Jenis proses RP mempengaruhi karakteristik RP yang dipilih berdasarkan jenis material pembentuknya (Gambar-2c).



Gambar 2. : (a) Perbandingan proses RP dengan metoda konvensional [3], (b) Jenis penggunaan dan tujuan RP, (c) Pemilihan RP berdasarkan material pembentuknya [4].

Pada proses *3D Printing-Rapid Prototyping* perekat cair diinjeksikan ke media serbuk menggunakan inkjet untuk mencetak model fisik komponen yang berasal dari data CAD dengan jalan membangun lapisan demi lapisan (Gambar-3a).



Gambar 3. : (a) Ilustrasi skematik proses 3D Printing [4], (b) Mesin 3D Printing ZPrinter 450 [5]

Mesin 3D Printing (Gambar-3b) memiliki beberapa komponen penting seperti :

- Build and Feed Piston.** Piston akan menyediakan area pembuatan dan menyuplai material untuk membangun komponen. Build piston bagian bawah sebagaiudukan lapisan komponen yang diprint, pada saat feed piston bergerak ke atas berfungsi untuk menyuplai material ke lapisan berikutnya.
- Printer Gantry.** Berfungsi sebagai pengarah gerakan 'XY' pada saat proses membangun komponen. Selain itu sebagai kedudukan dari print head, printer cleaning station, dan wiper/roller yang berfungsi untuk meratakan serbuk.
- Powder overflow system.** Bagian ini akan membuka secara berbalikan dengan kondisi feed piston, dimana kelebihan serbuk akan disapu melintasi build piston. Kelebihan serbuk akan didorong ke bawah ke dalam disposable vacuum bag melalui sistem gravitasi dan vacuum.
- Binder feed / take up system.** Perekat cair dipompakan dari kontainer melalui print head menggunakan teknik syphon, dan kelebihannya didorong melalui pembersih printer cleaning station dan dibuang menuju kontainer terpisah. Sensor di dekat kontainer akan memberi peringatan jika perekat terlalu sedikit atau disedot terlalu banyak.

3. Prosedur Pemrosesan 3D Printing

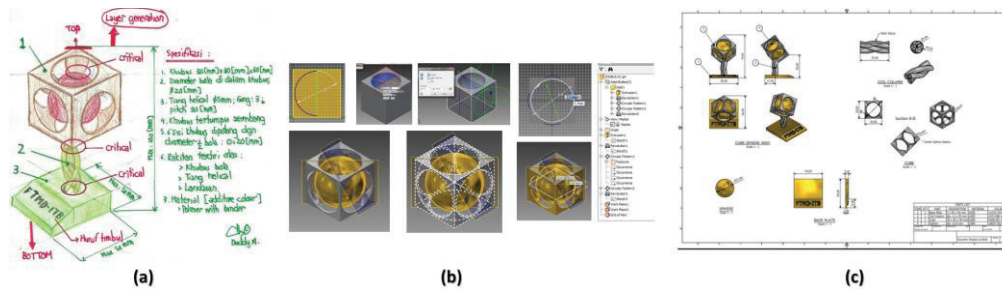
3.1 Pra pemrosesan

Langkah pra-pemrosesan meliputi penentuan jenis model 3D yang akan dibuat. Model yang dibuat disesuaikan dengan karakteristik proses, kapasitas mesin, jenis material serbuk, jenis material binder, dan perbandingannya jika menggunakan proses manufaktur konvensional lainnya (Gambar 4a). Pengujian ini menggunakan :

- Jenis mesin ZPrinter tipe Z-450
- Jenis serbuk ZP 151 (*high performance composite powder*)
- Jenis perekat ZB 63 (*clear binder solution*)
- Rancangan model souvenir seperti ditunjukkan pada Gambar-8 (jika dikerjakan dengan metoda konvensional lainnya akan memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tinggi / menggunakan mesin CNC-5 axes)

3.2 Membuat Model CAD

Model CAD dibuat menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2013. Gambar produk terdiri atas base plate, coil column, bola dan khubus. Teknik operasi CAD dimulai dengan penggambaran sketsa kemudian dilanjutkan dengan operasi solid extrude ataupun revolve. Gabungan antara fitur dilakukan menggunakan teknik operasi Boolean (Gambar-4b dan Gambar-4c).



Gambar 4. : (a) Sketsa model rancangan souvenir, (b) Teknik pemodelan 3D bola dan kubus, (c) Model 3D-2D-Daftar komponen souvenir

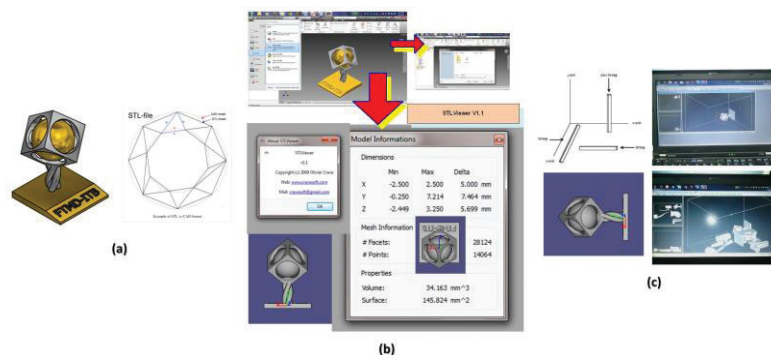
3.3 Membuat Model dalam format STL.

Format data CAD diekspor menjadi format data STL. Perangkat lunak akan mendeskripsikan object dalam bentuk susunan seperti mosaik. Data terdiri atas koordinat X,Y,Z pada ketiga titik ujung permukaan segitiga melalui suatu pembagian yang menggambarkan orientasi dari permukaan normal. Model CAD dibuat menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2013* (Gambar-5a).

Data format STL. akan diverifikasi untuk menentukan apakah titik ujung segitiga saling berimpit dan tidak ada segitiga yang hilang atau cacat. Proses dilakukan menggunakan perangkat lunak *STL-Viewer V1.1* (Gambar-5b)

3.4 Membuat Model dalam format BLD. (perangkat lunak ZPrinter 450)

Perangkat lunak akan secara otomatis mengiris lapisan dan membentuk format BLD. Pada saat *import* data dilakukan, secara otomatis perangkat lunak akan memosisikan orientasi berdasarkan prinsip '*the shortest Z-height*' (waktu pemrosesan tercepat). Orientasi posisi produk perlu ditentukan dengan mempertimbangkan kekuatan produk, jika orientasi salah maka akan memungkinkan terjadinya patahan pada *prototype* yang dibuat (Gambar-5c).



Gambar 5. : (a) Model dalam format STL., (b) Verifikasi model format STL., (c) Orientasi komponen

3.5 Mengedit menggunakan perangkat lunak Z-Edit

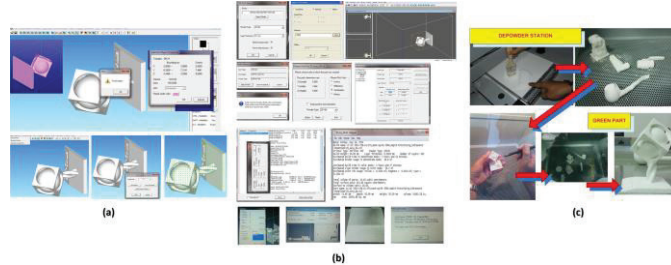
Pada tahapan ini memungkinkan *prototype* diberi warna yang berbeda atau label yang dikehendaki, dan digunakan juga untuk memperbaiki kesalahan kecil pada data (Gambar-6a).

3.6 Proses 3D Printing

Prosedur berikut harus dilakukan dengan benar untuk mendapatkan hasil dengan kualitas yang memuaskan (Gambar-6b), yaitu : Memeriksa atau mengubah parameter operasi (*setting* bawaan computer), Memeriksa kondisi serbuk sesuai dengan *setting* bawaan computer, Mengekspor data komponen ke dalam perangkat lunak Z-Print, Membuat fixture / alat bantu untuk sebagian atau keseluruhan komponen jika diperlukan, Memeriksa apakah lapisan permukaan yang akan dibuat mengandung kesalahan atau cacat, Memeriksa parameter pemrosesan selama proses berlangsung, Mempersiapkan area pembangunan lapisan permukaan komponen, Mencetak komponen lapisan demi lapisan dengan ketebalan tertentu, Memantau informasi berkaitan dengan progress selama membangun komponen.

3.7 Mengeringkan komponen

Setelah komponen selesai diprint, maka mesin akan mengoperasikan mode siklus pengeringan secara otomatis. Proses pengeringan komponen bertujuan untuk menambahkan kekuatannya, sehingga selama proses pengeringan berlangsung tidak diijinkan untuk memegang / memindahkan komponen tersebut. Pengeringan akan memakan waktu 2 jam.



Gambar 6. : (a) Hasil Z-Edit, (b) Parameter proses 3D Printing, (c) Depowder station

3.8 Powder removal (depowdering station)

Langkah ini dilakukan untuk membersihkan komponen dari serbuk yang tidak terpakai. Produk dipindahkan ke area pembersihan, dan pembersihan dilakukan menggunakan udara bertekanan di seluruh permukaan produk. *Prototype* yang dihasilkan dalam fase ini disebut dengan *green part* (Gambar-6c).

3.9 Infiltrasi dan pengujian geometri prototype

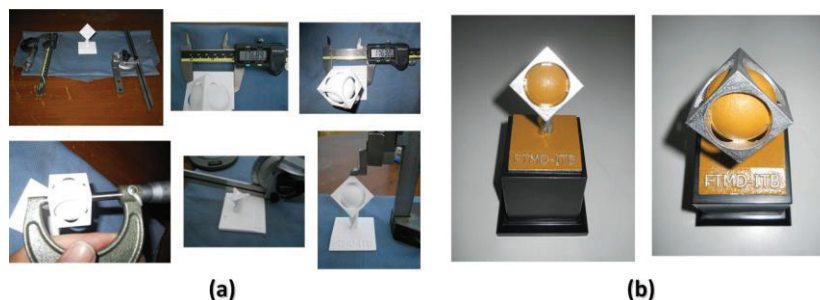
Proses ini dilakukan dengan tujuan memberikan sifat spesifik pada produk untuk tujuan : menambah kekuatan, meningkatkan daya tahan produk, memberikan tekstur warna. Material infiltrasi berikut metoda yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel-1: Jenis material dan model infiltrasi [9]

<i>Infiltrant</i>	<i>System material</i>	<i>Metoda penggunaan</i>
<i>Wax</i>	<i>High composite material</i>	<i>Dip</i>
<i>Z-BondTM cyanoacrylate</i>	<i>High composite material</i>	<i>Dip or Drizzle</i>
<i>Z-MaxTM epoxy</i>	<i>High composite material</i>	<i>Spray or Brush</i>

Untuk memastikan kualitas geometri *prototype* maka dilakukan pengukuran untuk membandingkannya dengan model CAD yang dibuat sebelumnya (Gambar-7a).

Apabila diperlukan, hasil *prototype* dapat diberi warna sesuai dengan yang diinginkan oleh model rancangan sebelumnya. Proses pelapisan dilakukan sesuai dengan tujuan dan fungsi yang diinginkan (Gambar-7b).



Gambar 7. : (a) Pengukuran geometrik komponen, (b) Hasil akhir *prototype* souvenir

4. Peta Kompetensi yang Dibutuhkan Untuk Adaptasi Teknologi Baru (*Rapid Prototyping*)

Melalui penjabaran karakter proses yang telah dijelaskan pada bagian 2, maka untuk mengadaptasi teknologi *3D Printing-Rapid Prototyping* perlu disiapkan sumberdaya manusia yang memiliki kompetensi :

1. Kompetensi pemodelan CAD 2D dan 3D (gambar teknik).
Pelaku industri harus mengetahui teknik pemrosesan pemodelan CAD untuk menghasilkan model 3D dan 2D yang akan dijadikan sumber data untuk menghasilkan produk dan untuk proses pengukuran geometrik.
2. Kompetensi teknologi manufaktur
Kompetensi ini diperlukan sebagai dasar pemilihan jenis proses pembuatan *prototype*. Kompetensi ini akan membantu dalam mempertimbangkan apakah jenis metoda konvensional masih bisa diterapkan atau tidak, dan menghitung berapa besar biaya yang diakibatkan oleh persiapan pembuatan *prototype*-nya. Tidak semua jenis produk akan efisien jika dibuat menggunakan metoda ini, sehingga analisa detail perlu dilakukan sebelumnya.
3. Kompetensi metrologi industri (pengukuran geometrik)
Untuk memastikan bahwa kualitas *prototype* yang dihasilkan oleh teknologi RP tercapai, maka salah satu langkah yang dilakukan adalah mengukur produk tersebut dan membandingkannya dengan standard geometri yang telah ditetapkan sebelumnya. Pelaku dapat memutuskan apakah kualitas produk dapat diterima atau ditolak.
4. Kompetensi LK3 (Lingkungan Keselamatan dan Kesehatan Kerja)
Karakteristik dari proses RP terstruktur dan dilakukan tahap demi tahap dengan baik, benar, dan aman. Alat bantu yang diperlukan, tindakan apa yang harus dilakukan, potensi bahaya yang akan terjadi, dibuat prosedur tertulisnya untuk menjamin kualitas akhirnya.
5. Kompetensi teknologi material
Kompetensi ini diperlukan dan berkaitan dengan pemilihan bahan serbuk, bahan pengikat, dan bahan pada saat proses infiltrasi dan pengerjaan akhir. Pemilihan bahan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan jenis dan fungsi *prototype* yang dibuat.
6. Kompetensi pemeliharaan mesin
Kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk menunjang kehandalan pengoperasian mesin. Beberapa jenis kegiatan seperti *warming up*, penyetelan variabel proses, dan pemeliharaan yang sifatnya harian (dilakukan sebelum/setelah mesin dioperasikan) dan dilakukan oleh pelaku industri. Pemeliharaan yang dilakukan terhadap mesin tersebut akan mempengaruhi kualitas dari *prototype* yang dihasilkan.

5. Kesimpulan

1. Adaptasi teknologi terkini dapat dilakukan dengan jalan memahami karakter prosesnya. Penyiapan kompetensi sumberdaya manusia harus disiapkan sejak awal (sebelum teknologi tersebut diterapkan) untuk menghindari kendala-kendala yang ditimbulkan pada saat penggunaannya. Kompetensi tersebut berbeda dengan istilah “dapat mengoperasikan fasilitas” terkait. Adaptasi teknologi *3D Printing-Rapid Prototyping* dapat dilakukan dengan mempersiapkan kompetensi sumberdayanya yang meliputi : teknik pemodelan CAD 3D dan 2D, teknologi manufaktur, metrologi industri (pengukuran geometrik), lingkungan keselamatan dan kesehatan kerja, teknologi material, dan pemeliharaan mesin.
2. Industri dapat melakukan persiapan dengan jalan *internal assessment* untuk memetakan *gap* kompetensi yang ada. Setelah *gap* kompetensi diketahui, maka pembekalan terhadap sumber daya manusianya dilakukan melalui pelatihan untuk memenuhi persyaratan kompetensi yang diperlukan.
3. Dengan penyiapan kompetensi tersebut maka adaptasi teknologi *rapid prototyping* dapat dilakukan dengan baik, benar, dan aman sesuai dengan tujuan awalnya untuk menghemat waktu dan biaya pembuatan *prototype*. Sehingga profit dan benefit dapat diperoleh industri dengan mempertimbangkan *quality, cost, delivery, safety, dan moral*.

4. Sebagai saran bagi penelitian kedepannya, maka dapat dikembangkan penelitian lanjut untuk mengdaptasi teknologi terkini melalui penyiapan elemen-elemen kompetensi secara detail bagi sumberdaya manusianya.

6. Daftar Referensi

- [1] Pandey,M.,Pulak : “*Rapid Prototyping Technology, Applications and Part Deposition Planning*”, Department of Mechanical Engineering, Indian Institute of Technology,Delhi
- [2] Cooper, G., Kenneth : “*Rapid Prototyping Technology*”, Marcel Dekker Inc., New York, 2001.
- [3] Ruswandi, Ayi, : “Pengenalan Teknologi Rapid Prototyping Slides”, Polman-Bandung, 2014.
- [4] Kalpakjian, Schmid, R. : “*Manufacturing Process for Engineering Material*”, Prentice Hall, New York, 2009.
- [5] Z Corporation, : “User Gude ZPrint Software and Machine”, United States, 2009
- [6] Hatsopoulos, Marina, : “*Rapid Prototyping and 3D Printing*”, MITsloan Management,__,__
- [7] Indrawanto, : “Rapid Prototyping Slides”, FTMD-ITB, Bandung, 2014..
- [8] Nyuyen, Hul., Vai, Michael, : “Rapid Prototyping Technology-Journal”, Lincoln Laboratory, 2010
- [9] Upcraft, Steve., Fletcher, Richard, : “*Tutorial The Rapid Prototyping Technology*”, <http://www.emeraldinsight.com/researchregister>
- [10] Z Corporation, : “3D Printing Technology”, United States, 2005.