

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI RAPID PROTOTYPING UNTUK PEMBUATAN PRODUK-PRODUK MULTI MATERIAL

Susilo Adi Widyanto ¹⁾

Abstrak

Tingginya persaingan antar produk-produk industri menuntut dikembangkannya sistem produksi yang tepat waktu, efisien dan mampu menghasilkan produk yang berkualitas. Ketersediaan suatu produk baru di pasar ternyata merupakan faktor penentu eksistensi produk tersebut. Dengan mempercepat waktu perealisasi konsep desain menjadi bentuk prototype sebelum masuk dalam sistem produksi massal merupakan salah satu terobosan untuk memperkuat daya saing produk industri.

Pengaplikasian teknologi rapid prototyping merupakan alasan untuk mereduksi cycle time dalam produksi. Berbagai pengembangan proses RP telah dilakukan dengan munculnya berbagai jenis mesin RP komersial. Namun dari mesin-mesin tersebut, masalah variasi bahan produk yang digunakan masih sangat terbatas, dimana produk yang dibuat hanya terbatas pada jenis material tunggal. Paper ini melaporkan suatu penelitian pengembangan proses RP yang ditujukan untuk pembuatan produk-produk multi material.

Dengan menggunakan mekanisme hopper nozzle sebagai perangkat pendeposisi serbuk produk dan slot feeder counter rolling cylinder untuk supporting powder, berbagai karakteristik produk multi material dapat dibuat. Pada pengembangan selanjutnya, penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan produk-produk smart material dan micropart.

Kata kunci : Rapid prototyping, multi-material, hopper nozzle

PENDAHULUAN

Semakin tingginya tingkat persaingan yang terjadi antar pabrikan menuntut dikembangkannya sistem produksi yang efisien, tepat waktu dan mampu menghasilkan produk yang berkualitas. Perealisasi suatu konsep desain menjadi bentuk produk massal dituntut melalui proses produksi yang secepat mungkin.

Kondisi-kondisi yang demikian mengarahkan berbagai pengembangan proses produksi baik dari sisi desain, *planning* maupun pelaksanaan proses di *floor* produksi. Penerapan teknologi *rapid prototyping* dalam proses produksi telah terbukti mampu secara cepat membantu memberikan umpan balik pada konsep desain dan mengeliminasi inkonsistensi suatu konsep secara signifikan akan mereduksi *cycle time* dalam produksi, meningkatkan kualitas produk dan mereduksi biaya perawatan mesin (Tseng dan Tanaka, 2000). Secara umum teknologi *layer manufacturing* dalam prosesnya tidak membutuhkan peralatan bantu maupun perkakas potong. Untuk membuat suatu produk tiga dimensi dapat dilakukan secara langsung dari data komputer grafis dan dikerjakan lapisan demi lapisan (Beaman *et al.*, 1997).

Dengan proses *layer manufacturing*, produk yang dibuat tidak dibatasi oleh tingkat kompleksitas geometri, dimana kondisi itu tidak dapat dikerjakan dengan proses-proses konvensional (*machining, casting, forming*). Dalam teknologi *mold* misalnya, dengan teknologi pemotongan, saluran pendingin hanya memungkinkan untuk dibuat lurus (proses *drilling*), namun dengan menggunakan proses SLS saluran pendingin dapat dibuat dengan mengikuti bentuk produk/konformal (Badrinarayan dan Barlow, 1994), dan (Sachs *dkk.*, 1995).

Dari sisi kemampuan proses, pengembangan teknologi *rapid prototyping* terus dilakukan, diantaranya diarahkan untuk pembuatan produk-produk multi material, *micropart, smart material* dan aplikasi-aplikasi pada bidang kesehatan. Paper ini membahas pengembangan teknologi *rapid prototyping* untuk pembuatan produk-produk multi material. Pada kenyataannya, tuntutan produk multi material mutlak diperlukan, misalnya untuk struktur perkakas potong, dies dan mold, maupun komponen-komponen untuk dudukan elemen gerak.

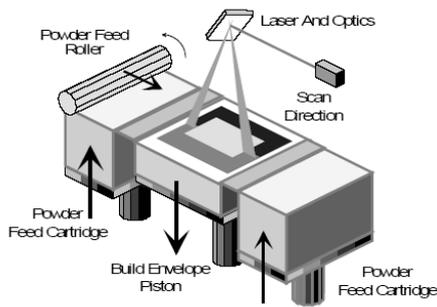
PENGEMBANGAN PROSES-PROSES RAPID PROTOTYPING

Secara komersial beberapa jenis mesin *rapid prototyping* telah dipasarkan, diantaranya adalah mesin *Selective laser Sintering* (SLS), *Stereolithography*, *Laminated Object Manufacturing* (LOM) dan *three Dimensional Printing* (3D Printing). Cara kerja untuk tiap proses adalah sebagai berikut:

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

a. Selective Laser Sintering

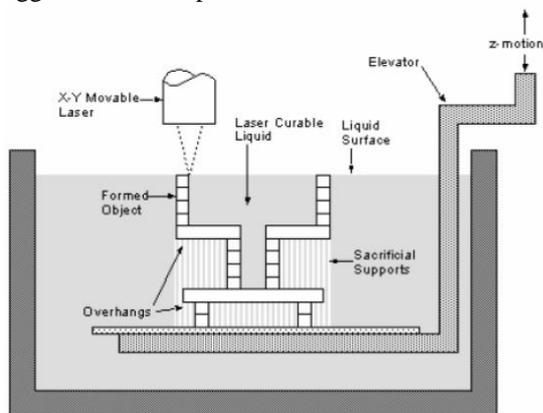
Proses *selective laser sintering* dapat digunakan untuk membuat part dengan berbagai material, diantaranya: polymer, pasir, logam, keramik, polystyrene dan lilin. Sesuai dengan namanya, pada proses ini laser digunakan sebagai pembangkit energi pensinter serbuk produk yang biasanya berupa laser CO₂. Mekanisme ikatan antar partikel dibentuk oleh pemanasan oleh sinar laser dengan gerakan dikontrol sesuai dengan geometri image 2D hasil proses *slicing* dari obyek 3D yang akan dibuat. Lapisan yang telah memadat akibat proses sintering secara lokal selanjutnya diturunkan dan ditutup dengan material serbuk produk oleh mekanisme roll dan dilanjutkan dengan proses sintering kembali. Proses tersebut berulang hingga membentuk produk 3D yang dimaksud (Harrison, nd). Mekanisme proses *selective laser sintering* dapat dinyatakan dalam gambar 1 berikut:



Gambar 1. Proses *selective laser sintering*

b. Stereolithography

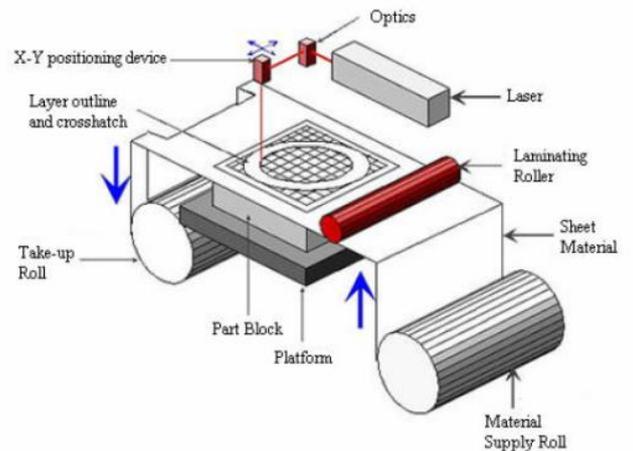
Stereolithography diciptakan oleh Charles Hull pada tahun 1984, namun peralatannya baru dibuat sejak tahun 1987 dan mulai dikomersialkan. Stereolithography menggunakan sinar ultraviolet untuk memadatkan permukaan tertentu (sesuai dengan data image 3D) suatu material photopolymer. Proses pemadatan tersebut berlangsung layer demi layer hingga membentuk produk 3D.



Gambar 2. Proses stereolithography

c. Laminated object manufacturing

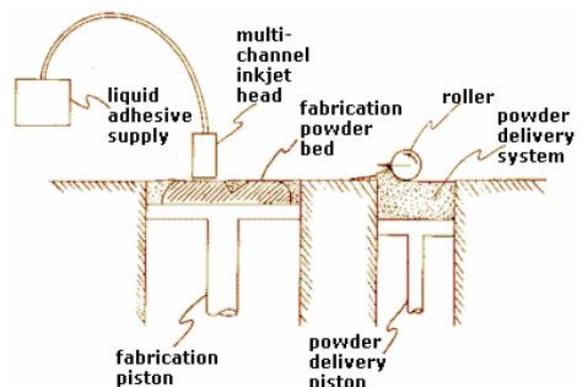
Laminated object manufacturing dikembangkan oleh Michael Feygin pada tahun 1985. Proses ini menggunakan lembaran material seperti kertas, plastik atau komposit yang ditumpuk. Laser kemudian melakukan proses pemotongan untuk membentuk geometri obyek lapis ke lapis. Prosedur proses seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut:



Gambar 3. Proses *Laminated Object Manufacturing (LOM)*

d. Three dimensional Printing

Three dimensional printing merupakan salah satu proses *layer manufacturing* yang dikembangkan oleh MIT dan dikomersialisasi oleh zCorp. Untuk membangun part, mesin mendeposisikan serbuk untuk membentuk layer dan suatu cartridge bergerak sesuai data image 2D hasil proses *slicing* untuk menaburkan lem. Kondisi tersebut berlangsung berulang sehingga membentuk obyek 3D. Beberapa material yang biasa digunakan secara komersial adalah: starch, plaster dan pasir. Mekanisme proses three dimensional printing dinyatakan dalam gambar 4 berikut:



Gambar 4. *Three dimensional printing*

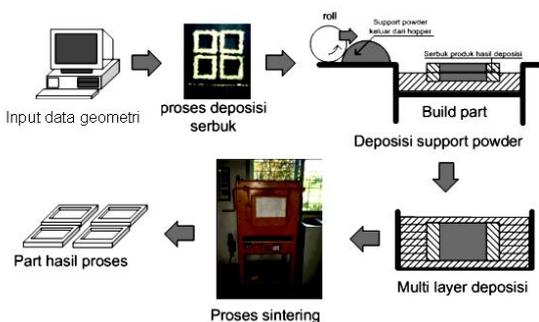
Konsep Proses Multi Material Deposition Indirect Sintering

Penelitian ini ditujukan untuk menentukan prosedur proses *rapid prototyping* dalam pembuatan produk multi material beserta dengan rancang bangun mesin yang dibutuhkan. Beberapa uji komponen mesin dilakukan dan pada akhirnya uji produksi dilaksanakan untuk mengetahui batasan-batasan prosesnya.

Untuk perelaisasiannya, metode yang paling memungkinkan adalah dengan proses metalurgi serbuk, dimana dengan proses ini pemosisian serbuk produk harus dapat divariasikan dalam formasi blok maupun dalam arah vertikal. Dengan proses deposisi serbuk, gradien komposisi material dapat dibuat, hal ini akan sangat bermanfaat dalam pembentukan karakteristik material produk.

Untuk membuat produk, rancangan geometri dibuat dengan menggunakan perangkat lunak desain drawing. Data images 3D yang dibuat selanjutnya digunakan sebagai data untuk operasi *slicing* (pengirisan) sehingga dihasilkan beberapa data image 2D. Dengan menggunakan perangkat lunak *generating tool path*, data image 2D hasil proses *slicing* tersebut diubah menjadi bentuk lintasan proses deposisi spesifik untuk tiap jenis material.

Penguatan posisi serbuk produk dilakukan dengan pendeposisian *supporting powder*, selain itu proses ini berguna untuk meningkatkan kemampuan proses terutama untuk pembuatan produk-produk bergeometri kompleks. Setelah proses deposisi lengkap (proses deposisi dilaksanakan untuk tiap data image 2D), proses sintering dilakukan dengan memanasi serbuk terdeposisi dengan setting temperatur dan waktu proses yang disesuaikan dengan jenis material produk. Secara skematis prosedur proses *multi material deposition Indirect sintering* diperlihatkan pada gambar berikut:



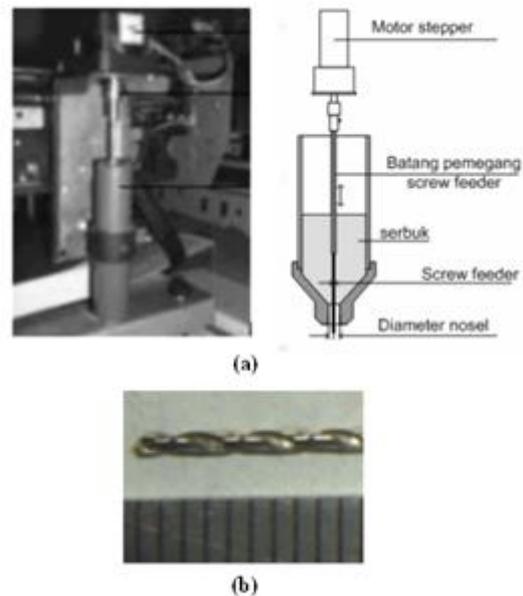
Gambar 5. Prosedur proses *multi material deposition Indirect sintering*

HASIL DAN PEMBAHASAN

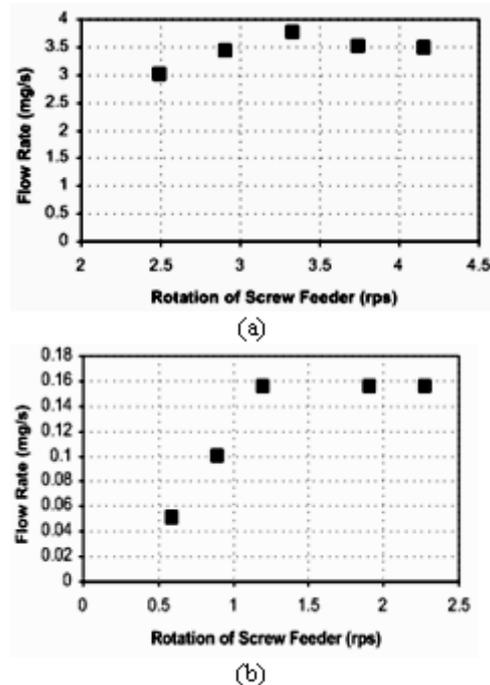
Proses deposisi serbuk produk

Proses deposisi serbuk produk menggunakan konstruksi *screw feeder hopper nozzle*. Dengan konstruksi ini kapasitas aliran serbuk dapat diatur dengan mengatur putaran *screw feeder*. Dari hasil

pengujian mampu alir serbuk diperoleh hubungan seperti pada gambar 6 berikut:

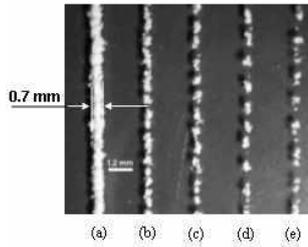


Gambar 6. a).Konstruksi *screw feeder hopper nozzle*, b). *Screw feeder*

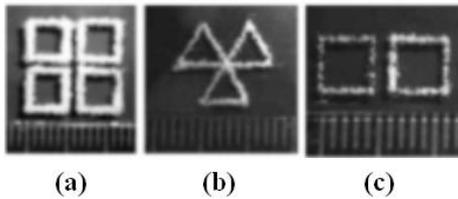


Gambar 7. Hubungan mampu alir serbuk dengan putaran *screw feeder* untuk a). serbuk silika, b).serbuk aluminium (ukuran partikel $297\mu\text{m}$, diameter nosel 1mm, diameter *screw feeder* 0.6mm)

Dengan menggunakan plotter 2 axis, karakteristik fisik deposisi serbuk dapat ditentukan sehingga sifat mekanik maupun sifat fisik produk dapat diatur.



Gambar 8. Variasi feeding speed: a) 0.5 mm/s, b) 2mm/s, c) 4mm/s, c) 6 mm/s, d) 8 mm/s (diameter nosel 0.8 mm, diameter *screw feeder* 0.5 mm, ukuran partikel 75 μ m, *deposition gap* 1mm)

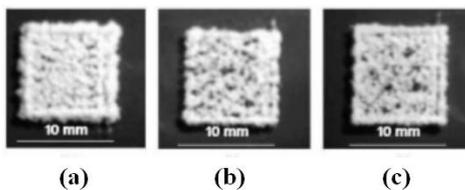


Gambar 9. Bentuk-bentuk deposisi dengan pemvariasian *feeding speed*: a)0.5mm/s, b) 1mm/s, c) 2mm/s (diameter nosel 0.8 mm, diameter *screw feeder* 0.5mm, ukuran butir 75 μ m, *deposition gap* 1mm)

Densitas serbuk terdeposisi dapat diatur dengan pengontrolan scanning gap, putaran screw feeder dan feeding speed. Contoh pengaturan densitas serbuk dinyatakan seperti gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Penggunaan nilai scanning gap yang kecil menghasilkan deposisi serbuk yang lebih padat dibandingkan dengan penggunaan scanning gap yang lebih besar

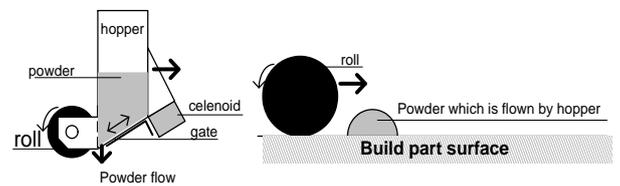


Gambar 11. Densitas serbuk terdeposisi dapat diatur dengan memvariasikan *feeding speed*: a) 0.5 mm/s, b) 1mm/s, c) 1.5 mm/s (diameter nosel 0.8 mm, diameter *screw feeder* 0.5 mm, ukuran partikel 75 μ m, *deposition gap* of 1mm)

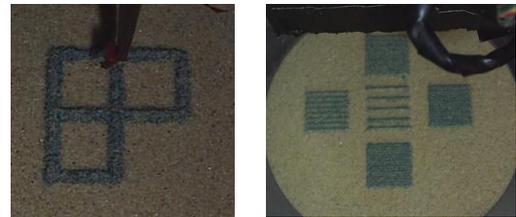
Proses deposisi supporting powder

Deposisi *supporting powder* menggunakan mekanisme *slot feeder-counter rolling cylinder*. Prosedur deposisi dinyatakan dalam urutan kerja sebagai berikut:

- *slot feeder* mundur pada posisi start point
- *powder gate* dibuka sehingga supporting powder mengalir pada bidang deposisi
- *counter rolling* turun dan berputar
- mekanisme *slot feeder-counter rolling cylinder* maju untuk memasukkan *supporting powder* ke dalam build part.
- Mekanisme kembali ke posisi referensi untuk proses deposisi



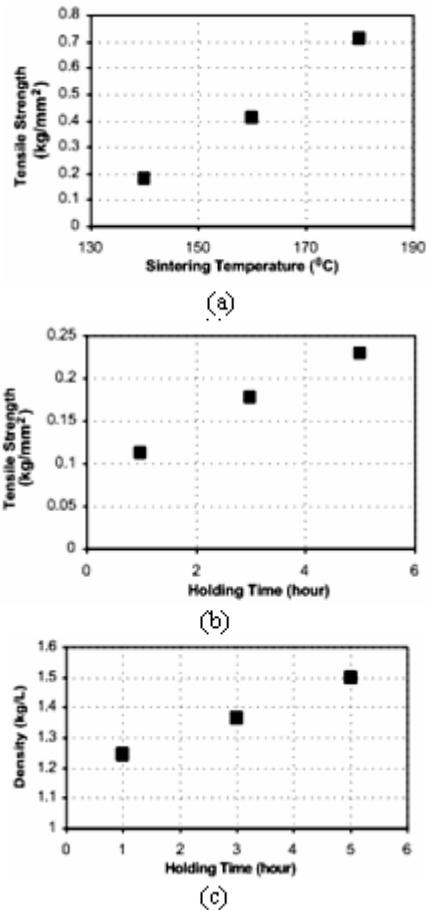
Gambar 12. Konstruksi *slot feeder-counter rolling cylinder*



Gambar 13. Deposisi serbuk produk diantara *supporting powder*

Proses *indirect sintering*

Setelah proses deposisi serbuk diselesaikan, proses pemadatan dilakukan dengan pemanasan, proses ini dikenal dengan proses sintering. Temperatur sintering ditentukan bergantung pada jenis material produk, yaitu dibawah temperatur leleh material tersebut. Dengan memvariasikan temperatur dan waktu penahanan, sifat mekanik dan sifat fisik produk dapat diatur.



Gambar 14. Hasil-hasil optimasi proses *indirect sintering* (Komposisi Al-PE adalah 1:1, *holding time* 3 jam, temperatur sintering 160°C)

Contoh Produk

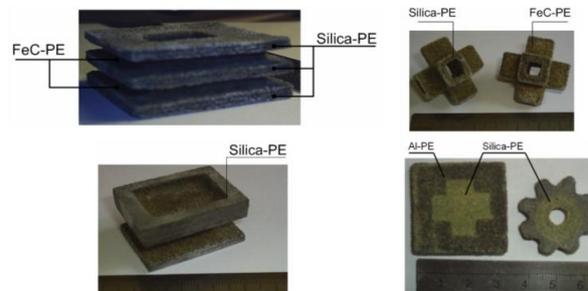
Beberapa contoh produk dibuat dengan proses MMD-Is pada temperatur sintering 135°C dan waktu penahanan 2.5 jam. Produk single material terbuat dari bahan campuran silika-PE, sedangkan produk multi material terbuat dari bahan campuran silika-PE dan besi cor-PE dengan ukuran butir 150µm, sedangkan *supporting powder* menggunakan serbuk silika ukuran 297µm.



Gambar 15. Pembuatan produk housing impeller, bahan silika-PE



Gambar 16. Produk terassembling (konstruksi pompa impeler)



Gambar 17. Contoh produk multi material dibuat dengan mesin MMDIs

KESIMPULAN

Dengan menggunakan konstruksi *hopper nozzle*, produk-produk multi material dengan karakteristik khusus bisa dibuat. Peningkatan akurasi dimensi produk dapat dimulai dengan proses analisis kemampu aliran serbuk dalam ukuran yang lebih halus. Dalam riset ini, serbuk produk yang digunakan masih dalam ukuran 150 µm.

DAFTAR PUSTAKA

1. Beaman, J., 1997, "Historical Perspective, Chapter 3 in JTEC/WTEC Panel Report on Rapid Prototyping in Europe and Japan", WETC Hyper-Librarian.
2. Badrinarayan, B. and Barlow, J.W., 1994, "Manufacture in injection molds using SLS", in Proc 6th Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin.
3. Feygin; Michael., 1988, U.S. Patent, 4752352
4. Harrison, P, nd, "Rapid Prototyping user guide", De Montfort University
5. Hull; Charles W., 1986, U.S. Patent, 4575330
6. Sachs, E., Wylonis, E., Allen, S., Coma, M., and Guo, H., 1995, "Production of Injection molding

tooling with conformal cooling channel using the three dimensional printing process, Polymer Engineering and Science,"

7. Tseng, A.A., 2000, " *Apparatus and methods for freeform fabrication of three dimensional object*", US Patent No. 6030199, February 29.