

Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur

Andhy Rinanto*^{1,2}, Wahyudi Sutopo³

¹Program Magister Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
Jalan Ir. Sutami 36A Kentingan Surakarta, 57126

²Politeknik ATMI Surakarta, Program Studi Teknik Mesin Industri, Surakarta
Jalan Mojo No. 1 Kalurahan Karangasem Kec. Laweyan, 57145

³Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta,
Jalan Ir. Sutami 36A Kentingan Surakarta, 57126

Article Info

Article history:

Received
3 July 2017

Accepted
9 October 2017

Keywords:

rapid prototyping, rapid
prototyping history
literature study

Abstract

Rapid prototyping technology continues to grow and widely used in the field of human life. The ability to form various objects makes RP technology can go anywhere easily. This literature study aims to determine rapid prototyping technology developments from the beginning to the present and to see future developments. Literature is selected from journals discussing manufacturing technology, its origins, of methods used, of integration with other fields and of the application of RP technology. Scopus used as other data source to know the development of RP research from year to year. Through the analytical facilities available at Scopus, it can be used to know the areas of human life that entered this technology. RP technology is still evolving and integrating with other fields. In the future, this technology will be easily accessible and accessible to everyone.

1. PENDAHULUAN

Rapid Prototyping adalah teknik membentuk dan marakit sebuah produk dengan cara yang cepat dengan integrasi antara sistem CAD (*Computer Aided Design*) dan mesin dengan sistem *Rapid prototyping* (3D printing, CNC). Pembentukannya dengan menambahkan *layer by layer* sesuai irisan yang diolah dengan CAD. Bourell (2009) menjelaskan definisi dari *rapid prototyping* sebagai proses pembentukan benda dari data 3D berupa layer/lapisan, sebagai kebalikan dari proses manufaktur yaitu mengurangi bagian – bagian yang tidak diperlukan.

Publikasi tentang Teknik *rapid prototyping* pertama kali dilakukan oleh ilmuwan Jepang bernama Hideo Kodama. Tahun 1981 Kodama memperkenalkan teknik membentuk model tiga dimensi dari bahan plastik plastik menggunakan metode menyinari polymer cair dengan sinar ultraviolet (Kodama, 1981). Setelah Kodama mempublikasikan penelitiannya tersebut, berkembang penelitian lain tentang membentuk obyek 3D dengan proses yang lebih cepat dan mudah.

Perkembangan *rapid prototyping* juga tidak terlepas dari perkembangan komputer khususnya teknologi CAD/CAM yang sudah muncul lebih dulu di tahun 1960an. Dengan teknologi CAD/CAM, memudahkan proses pengirisan layer-layer obyek yang dibentuk dengan teknik *rapid prototyping* (Pandey, 2004). Lu, 2015 mengatakan teknologi *rapid prototyping* menjadi teknologi yang bernilai untuk industri manufaktur. Dengan teknologi ini akan dapat mewujudkan 5 “any”s: *any material, any part, any quantity, any location* dan *any industrial field*.

Kemudahan dan keunggulan teknologi *rapid prototyping* membawa dampak pada tren penelitiannya. Salah satunya adalah penelitian tentang dampaknya pada harga produksi. Santek (1995) menyatakan bahwa *Rapid prototyping* meningkatkan kualitas produk dan tampilan, mengurangi biaya dalam dalam waktu yang bersamaan yaitu saat mendesain dan pembuatannya. Steinchen (1996) melakukan percobaan menggunakan metode SLA dan mendapati pengurangan waktu proses dan biaya. Swortzel (1998) berhasil mengembangkan software menggunakan metode *rapid prototyping* dan *automated code generation*. Sedangkan Meurer, 2005 menyampaikan hasil penelitiannya tentang pembuatan biomodel dengan metode *rapid prototyping* bagi seorang pasien, berpotensi pada

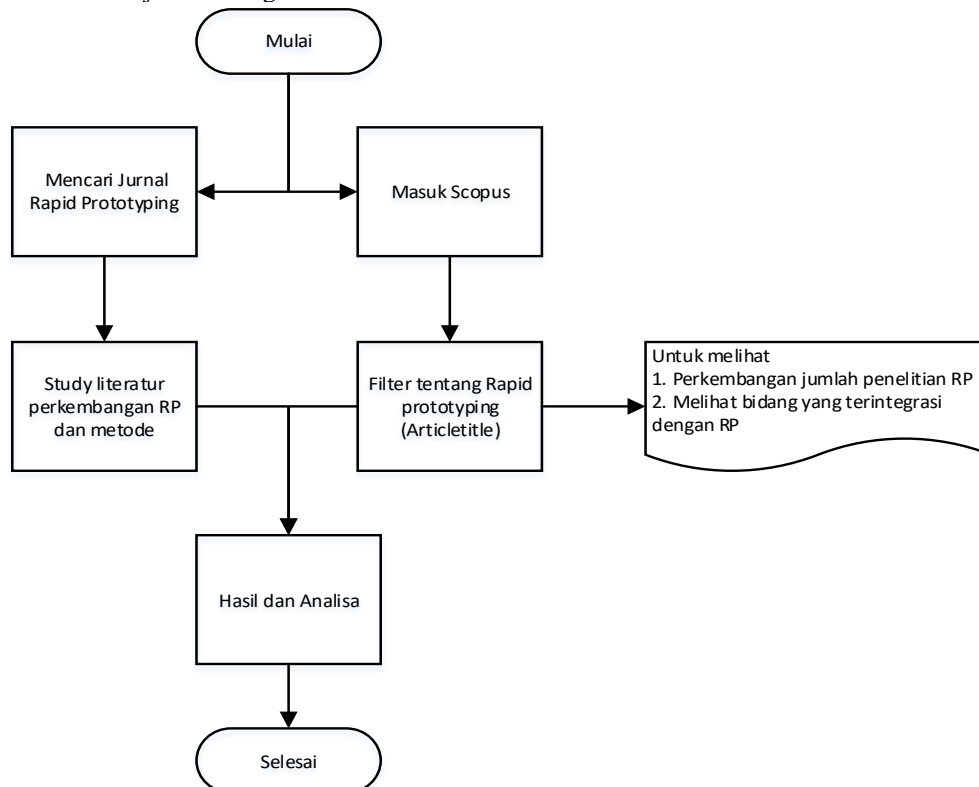
*Corresponding author. Andhy Rinanto
Email address: area_belajar@yahoo.co.id

penghematan biaya pada sistem kesehatan. Sedangkan Mori *et al.* (2016) menggunakan metode rapid prototyping untuk mengurangi waktu mendesain pada *comercial high-level synthesis tools*.

Study literatur ini dilakukan untuk mengetahui perkembangan teknologi *rapid prototyping* saat ini dan tren penelitian bidang *rapid prototyping*. Setelah mengetahui perkembangan dan tren penelitian terkini, diharapkan bisa memacu penulis sendiri dan peneliti-peneliti lain untuk mengembangkan dan memanfaatkan teknologi ini dalam kehidupan manusia dan juga terus mengintegrasikan dengan teknologi yang sudah ada.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan menggunakan pendekatan metode yang digunakan oleh Halim (2010) yang juga digunakan oleh Pratiwi (2015) yaitu penentuan sumber data, batasan waktu, pengumpulan data dan analisis. Dalam study literatur ini, jurnal-jurnal mengenai Rapid prototyping dipelajari untuk mengetahui sejarah perkembangannya dan metode-metode yang digunakan dalam rapid prototyping. Sedangkan Scopus digunakan sebagai sumber perolehan data penelitian dan *subject area* dengan mengambil *rapid prototyping* sebagai bahan kajian utama. Alur penelitian ini ditunjukkan dengan Gambar 1.



Gambar 1
Alur study literatur

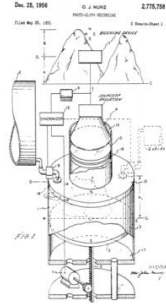
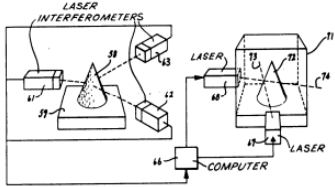
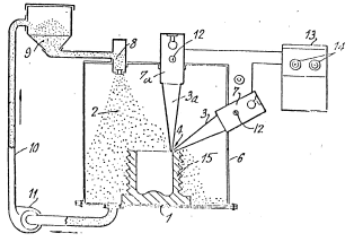
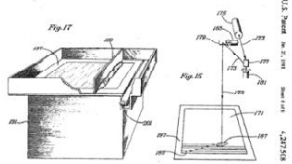
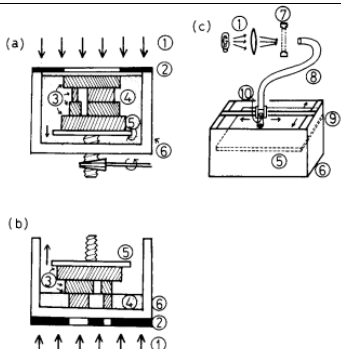
3. SEJARAH PERKEMBANGAN

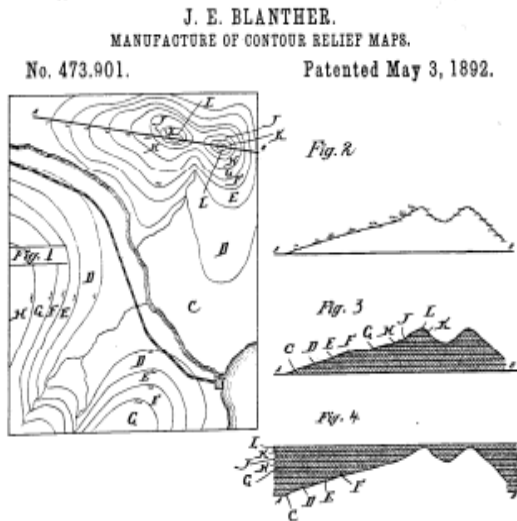
3.1. Sejarah Pra Rapid Prototyping

Topography dan *photosculpture* merupakan 2 teknik dasar dari teknik *Rapid Prototyping* (Bourell, 2009). Pada tahun 1890 Blanter mematenkan sebuah teknik untuk membuat cetakan berlapis peta relief topografi. Dalam proses tersebut, lempengan lilin dipotong sesuai dengan garis topografi dan menumpuk potongan-potongan lilin dan merapkannya. Ada bagian lembah dan ada bagian bukit dari cetakannya tersebut. Setelah di dapat bagian lembah dan bagian bukit cetakan peta, kertas ditekan dengan 2 bagian tersebut sehingga didapatkan bentuk 3 dimensi peta topografi (Blanter, 1892).

Sedangkan *photosculpture* muncul karena ada keinginan menampilkan replika 3 dimensi dari bentuk benda maupun manusia (Bogart, 1979). Pada tahun 1860, François Willème berhasil merancang teknologi untuk mewujudkan keinginan tersebut. Subyek atau obyek diletakkan pada sebuah ruangan/tempat berbentuk lingkaran kemudian 24 kamera diletakkan mengelilingi obyek tersebut. Dengan bantuan seorang seniman, sebuah obyek kemudian diukir berdasarkan gambar siluet yang dihasilkan dari setiap $\frac{1}{4}$ lingkaran tersebut.

Tabel 1.
Perkembangan Penelitian Metode Rapid Prototyping

Tahun	Penemu	Nama Metode	Prinsip	Ilustrasi
1951	Munz	Photo-glyph recording	Menggunakan teknik scanning pada sebuah obyek, dari hasil scanning permukaan obyek, layer demi layer polymer ditambahkan hingga terbentuk obyek yang sama	
1968	Swainson	Photocemical SFF System	Menggunakan 2 sinar laser sebagai pembentuk obyek berbahan polymer, dengan menggunakan integrasi komputer dan laser sebagai peminda/scan.	
1971	Ciraud	Powder SFF	Menggunakan media berupa serbuk/powder, kemudian dengan menggunakan laser memanaskan powder sesuai desain sehingga powder yang terkena panas menjadi keras dan terbentuk obyek.	
1979	Housholder	Powder laser sintering	Solidifikasi menggunakan proses sintering terhadap material yang berbentuk serbuk. Pembentukan dengan cara memanaskan bagian yang dipilih lapis demi lapis hingga terbentuk produk.	
1981	Kodama,	Stereolithography system	Produk padat dibuat dengan cara menyinari polimer pengerasan foto cair dengan ultraviolet, dan menumpuk lapisan padat penampang melintang.	



Gambar 2: Blanther patent untuk membentuk peta kontur 3D menggunakan metode layer (Blanther, 1892).



Gambar 3: Photosculpture in Willème’s studio (Bogart, 1979)

3.2. Perkembangan Teknik Rapid Prototyping Modern

Sejak publikasi ilmiah yang dilakukan oleh Kodama (1982), makin banyak penelitian tentang metode atau teknik yang digunakan untuk membentuk model dengan lebih cepat. Sejumlah teknologi yang sekarang dipakai pada mesin 3D printing selalu menggunakan salah satu dari beberapa metode dari peneliti – peneliti jaman dahulu dan menggabungkannya dengan teknologi jaman sekarang. Beberapa peneliti dan metode yang dikembangkan ditunjukkan pada Tabel 1.

Rapid prototyping makin berkembang seiring dengan perkembangan teknologi yang lainnya. Satu dan yang lainnya tidak saling mematikan namun justru saling melengkapi (Mahindru 2013). Seiring dengan perkembangan teknologi yang lain, peneliti bidang rapid prototyping mengkolaborasikan dengan teknologi yang ada untuk membuat proses rapid prototyping lebih sempurna dan mudah. Perkembangan komputer dan software CAD semakin menambah akselerasi berkembangnya metode yang memiliki beberapa nama diantaranya *additive manufacturing*, *layer manufacturing*, atau *free form manufacturing*.

3.3. Metode – Metode Dalam Teknologi Rapid Prototyping

Di jaman sekarang, teknologi rapid prototyping lebih dikenal dengan berkembangnya produksi mesin 3D printing. Teknologi ini sudah banyak dimanfaatkan didalam sendi kehidupan manusia untuk mempercepat dan memudahkan pekerjaan manusia dalam mewujudkan sebuah obyek.

Tabel 2. Sejarah perkembangan dan teknologi yang berhubungan dengan *rapid prototyping*

Tahun	Teknologi
1946	Komputer pertama
1952	Mesin NC yang pertama
1960	Laser komersial pertama
1961	Robot komersial pertama
1963	Interactive graphic system yang pertama (CAD versi awal)
1988	Rapid prototyping system komersial yang pertama

(Chua and Leong, 2000).

Dari sekian banyak produksi mesin yang menggunakan teknologi rapid prototyping, pasti didalamnya menggunakan salah satu metode SLA, *Laminated Object Manufacturing*, SLS (*Selective Laser Sintering*), *Fused Deposition Modelling (FDM)*, *Solid Ground Curing (SGC)*, dan *3D ink jet printing*. (Mahindru, 2013).

3.3.1. SLA (Stereolithography)

Menggunakan sinar ultraviolet untuk membekukan permukaan photopolymer dengan petunjuk format STL. Proses berlanjut lapisan demi lapisan hingga part terbentuk.

3.3.2. Laminated Object Manufacturing

Material berbentuk lembaran seperti kertas dan disusun. Kemudian laser memotong bagian yang tidak terpakai.

3.3.3. SLS (Selective Laser Sintering)

Menggunakan bahan yang berbentuk serbuk. Serbuk diendapkan berupa lapisan-lapisan tipis dan dipanaskan dibawah titik lelehnya. Kemudian disinter bersama - sama hingga terbentuk part.

3.3.4. Fused Deposition Modelling (FDM)

Menggunakan material berupa filamen termoplastik. Material dipanaskan melalui nozzle yang dipanaskan, seperti proses ekstrusi dan bergerak sesuai koordinat part yang dibentuk.

3.3.5. Solid Ground Curing (SGC)

Menggunakan CAD untuk perhitungan ketebalan lapisan. Material resin cair disemprotkan per lapisan mulai dari bawah dan dipadatkan dengan sinar ultraviolet sampai terbentuk part yang dibuat.

3.3.6. 3D ink jet printing

Teknik ini berbeda dengan teknik lain yang masih mengandalkan proses lain untuk finishing (bor/pemotongan). Proses ini langsung bisa membentuk model yang terbentuk dari file STL.

Dari metode – metode yang ada dapat dikategorikan lagi berdasarkan bentuk bahan baku awal sebelum diproses. Tabel 3 menunjukkan bentuk material awal yang bisa digunakan untuk mengkategorikan yaitu berupa cair, padat, dan serbuk.

Tabel 3.

Material yang digunakan berdasarkan tehnik Rapid Prototyping

material awal	Metode
Cair	<ul style="list-style-type: none"> • SLA (Stereolithography), • Solid Ground Curing (SGC)
Padat	<ul style="list-style-type: none"> • Laminated Object Manufacturing (LOM) • Fused Deposition Modeling (FDM)
Serbuk	<ul style="list-style-type: none"> • Selective Laser Sintering (SLS) • Three Dimensional Printing (3D printing)

3.4. Aplikasi Teknologi Rapid Prototyping

Teknologi *rapid prototyping* sudah banyak diintegrasikan dengan bidang kehidupan manusia. Tidak heran jika teknologi ini bisa dengan cepat dan luas merambah bidang – bidang strategis

seperti militer, kesehatan, bisnis, seni, manufaktur, otomotif, pendidikan (Ichida, 2016).

Rapid prototyping membawa perubahan dalam berbisnis. Ide akan mudah direalisasikan sehingga bisa langsung digunakan untuk menganalisa secara ergonomi, untuk pemasaran, dan analisa biaya (Christie, 2012). Proses pembuatan *prototype* dalam biomedis adalah hal yang rumit yang membutuhkan pendekatan multidisipliner antara ilmu teknik dan kedokteran (Banoriya *et al.*, 2015).



Gambar 4.

Contoh aplikasi teknologi rapid prototyping di bidang arsitektur (a) dan bidang kesehatan (b)

3.5. Data Scopus

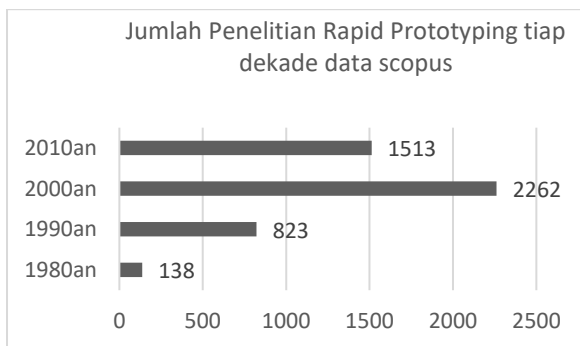
3.5.1. Jumlah penelitian rapid prototyping pada Scopus

Dari Gambar 4 dapat dilihat perkembangan jumlah penelitian rapid prototyping dilihat melalui jumlah artikel yang masuk ke database Scopus dari sejak tahun 1980an. Total penelitian yang masuk adalah 4736 artikel (Juni 2017). Terjadi peningkatan yang sangat tinggi dari tahun 80an ke tahun 90an yaitu dari hanya 138 artikel menjadi 823 artikel. Lalu pada tahun 2000an juga mengalami peningkatan dari 823 artikel menjadi 2262 artikel

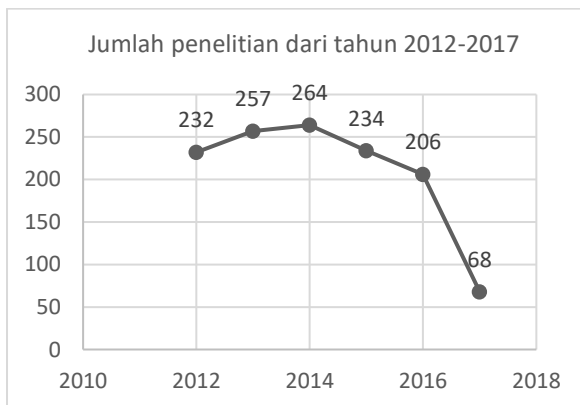
yang dihasilkan. Dan pada tahun 2010 – Juni 2017 sudah mencapai 1513 artikel yang sudah ditulis oleh peneliti yang terindex oleh Scopus.

3.5.2. Jumlah riset rapid prototyping antara 2012-2017 dari data Scopus

Untuk mengetahui tren riset terkini dan subject área bidang penelitian rapid prototyping, menggunakan data Scopus yang dibatasi hanya 5 tahun atau dimulai dari tahun 2012 sampai 2017 untuk menjamin hanya hal terbaru yang disajikan. Jumlah penelitian antara tahun 2012 sampai dengan 2017 terkumpul 1261 artikel yang terindeks Scopus. Dari tahun 2012 sampai 2014 mengalami kenaikan jumlah artikel sampai yang puncaknya di tahun 2014 sejumlah 264 artikel. Akan tetapi setelah 2014 sampai sekarang, jumlah penelitian terus mengalami penurunan, dimana di tahun 2017 sampai bulan Juni baru ada 68 artikel yang terindeks Scopus. Jumlah penelitian selama 2012-2017 ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 4:
Grafik jumlah penelitian Rapid Prototyping tiap dekade data Scopus.



Gambar 5:
Jumlah penelitian antara tahun 2012-2017.

3.5.3. Subject area penelitian rapid prototyping data scopus

Kemudian untuk subject área atau bidang penelitian yang menjadi sasaran penelitian bidang rapid prototyping ditunjukkan gambar 6. Dari gambar 6 terlihat bidang *Engineering* mendapat porsi paling besar diantara semua bidang yang ada yaitu lebih dari 50% atau tepatnya 58,8%. Sedangkan *Computer science* menempati urutan kedua dengan 32,4% penelitian yang membahas bidang ini. Disusul oleh bidang *Material Science* sebesar 16,8% dan sedikit dibawahnya yaitu bidang *Medicine* yang memperoleh perhatian dari 12,4% peneliti. Dan secara berurutan bidang *Physics and Astronomi* sebesar 8,9%, *Matematis* sebesar 8,2%, *Biochemistri* 6,7%, *Chemical engineering* 4,7%, *Chemistri* 4%, *Social Science* 3,4% dan área yang tidak terkategori justru cukup besar yaitu 14,6%.

4. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI RAPID PROTOTYPING DI MASA DEPAN

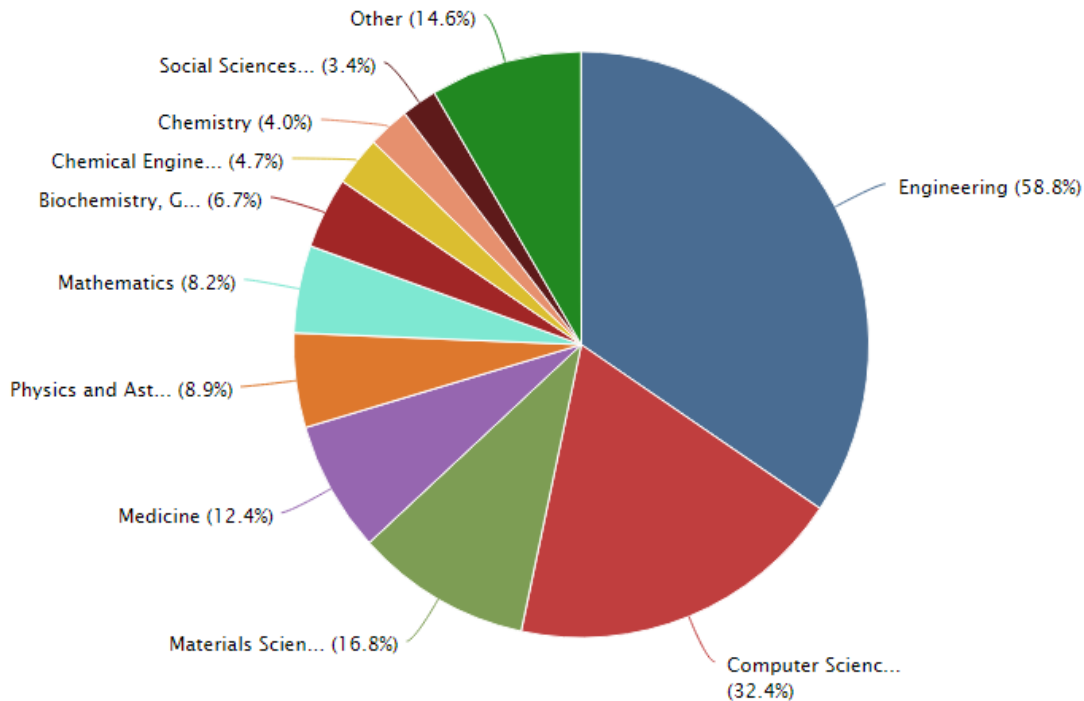
Teknologi *Rapid Prototyping* termasuk teknologi yang sangat flexible dan mudah diintegrasikan dengan berbagai teknologi. Kemudahan dalam membuat produk dalam waktu yang relatif singkat membuat orang tertarik untuk mempelajari dan memanfaatkan teknologi ini. Beberapa tahun di belakang, teknologi *rapid prototyping* dengan mesin 3Dnya menjadi teknologi yang masih mahal dan sulit diterima akal. Akan tetapi jika melihat kondisi saat ini, teknologi ini mulai bisa dinikmati dengan biaya yang lebih terjangkau. Tidak menutup kemungkinan pula, dalam waktu ke depan teknologi ini akan menjadi teknologi yang umum di masyarakat.

Perusahaan akan berusaha dan berlomba membuat teknologi ini menjadi produk massal dengan biaya produksi yang rendah. Setiap instansi atau perorangan dapat memiliki dan membuat produknya sendiri dengan mudah dan murah. Dampak dari hal tersebut juga akan membawa dampak perkembangan teknologi *rapid prototyping* yang terintegrasi dengan benda yang saat ini dimiliki setiap orang yaitu *smartphone*. Aplikasi – aplikasi *smartphone* yang menyediakan file-file irisan layer (file stl.) semakin banyak dan orang dapat mengunduh bentuk yang diinginkan dengan gratis.

Dengan perkembangan teknologi informasi saat ini, peluang untuk merancang mesin dengan teknologi *rapid prototyping* sangat memungkinkan. Penelitian dalam hal desain mesinnya sendiri masih sangat luas. Penambahan hardware seperti bluetooth dan layar sentuh yang terkoneksi internet (*cloud*) akan semakin memudahkan pengiriman dan penerimaan data yang akan diproses. Peluang pengembangan aplikasi berbasis android dalam mengolah dan menyediakan file berekstensi stl. tentunya akan memicu perkembangan teknologi rapid

prototyping lebih pesat lagi. Informasi dan contoh produk dari perusahaan profesional bisa dijadikan

acuan dari desain mesin yang akan digunakan pada instansi khususnya instansi pendidikan.



Gambar 6.

Penelitian *Rapid Prototyping* berdasarkan subject area penelitian data Scopus

5. KESIMPULAN

Teknologi *Rapid Prototyping* masih terus berkembang menjadi teknologi yang bersifat support bagi bidang lain yang mendukung manusia. Jumlah penelitian tentang rapid prototyping yang terindeks Scopus mengalami penurunan sejak tahun 2014 sampai dengan Juni 2017 dimana penelitian ini dilakukan. 3 besar bidang penelitian dalam rapid prototyping dari data Scopus yaitu manufaktur sebesar 58,8%, computer science 32%, dan bidang material sebesar 16,8% sehingga masih sangat terbuka peluang penelitian di bidang yang lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Banoriya D., Purohit R., Dwivedi R.K. (2015). Modern Trends in Rapid Prototyping for Biomedical Applications. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5): 3409-3418.
- Blanthier, J., E. (1892). Manufacture of Contour Relief Maps. *US Patent #473,901*.
- Bourell, David L., Beaman, J.J., Jr., Leu, M.C. and Rosen, D.W. (2009). A Brief History of Additive Manufacturing and the 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead. *US – TURKEY Workshop On Rapid Technologies*.
- Bogart, M. (1979). In Art the End Don't Always Justify Means, *Smithsonian*, 104-110.
- Chen, Xing., Possel, JK., Wacongne, Catherine., Ham, Anne F., Klink, P.C., Roelfsema, PR. (2017). 3D Printing and Modelling of Customized Implants and Surgical Guides for Non-Human Primates, *Journal of Neuroscience Methods*, 286: 38–55.
- Christie, E., J. (2012). Prototyping Strategies: Literature Review and Identification of Critical. *American Society for Engineering Education*.
- Chua, C.K., Leong, K.F. (2000). *Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing*, World Scientific Press.
- Halim, Z. (2010). Literature Review and Future Directions in SCM Research. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dhaka, Bangladesh.
- Kodama, H. (1981). Automatic Method for Fabricating a Three-Dimensional Plastic Model with Photo Hardening Polymer. *Rev Sci Instrum*, 1770-73.
- Ichida, Y. (2016). Current Status of 3D Printer Use among Automotive Suppliers: Can 3D Printed-parts Replace Cast Parts?, *IFEAMA SPSCP*, 5: 69-82.
- Levchenko, A. (2015). Additive Manufacturing as a Mean of Rapid Prototyping: From Words

- to The Actual Model, *Thesis*. Master Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technolog, Saimaa University of Applied Sciences.
12. Lu, Bingheng, Li, Dichen, Tian, Xiaoyong (2015). Development Trends in Additive Manufacturing and 3D Printing, *Engineering* 2015, 1(1): 85–89.
 13. Mahindru, D.V. & Mahendru, P. (2013). Review of Rapid Prototyping-Technology for the Future. *Global Journal of Computer Science and Technology*.
 14. Mori J.Y., Werner A., Fricke F., Hübner M. (2016). A rapid prototyping method to reduce the design time in commercial high-level synthesis tools. *2016 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops*, 253-258.
 15. Munz, O.J. (1956). Photo-Glyph Recording. *US Patent #2,775,758*.
 16. P.A. Ciraud. (1972). Process and Device for the Manufacture of any Objects Desired from any Meltable Material”, *FRG Disclosure Publication 2263777*.
 17. Pandey, P. M. (2006). *Rapid Prototyping Technologies, Applications and Part Deposition Planning*. India: Study India Contains Book.
 18. Pratiwi, A., Mahardika, F.A., Sutopo, W. (2015). Tren Keilmuan Teknik Industri Oleh Praktisi Teknik Industri Dunia. *Prosiding Industrial Engineering Conference*, Surakarta, Indonesia
 19. Housholder, R.F. (1981). Molding Process. *US Patent #4,247,508*.
 20. Santek, D. (1995). Rapid prototyping - the faster way to new products [*Brzi razvoj prototipova - brzi put do novih proizvoda*].
 21. Steinchen W., Kramer B., Kupfer G. (1996). *Cost reduction by rapid prototyping photoelasticity*.
 22. Swortzel, R. (1998). Reducing cycle time and costs of embedded control software using rapid prototyping and automated code generation and test tools. *Proceeding of International Off-Highway & Powerplant Congress & Exposition*, Wisconsin, USA.
 23. Swainson, W., K. (1977). Method, Medium and Apparatus for Producing Three-Dimensional Figure Product”, *US Patent #4,041,476*.