

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DALAM PROSES PERCETAKAN 3 DIMENSI DAN APLIKASINYA

Setiyo Adi Nugroho¹, Arie Atwa Magriyanti²

¹Progdi Komputer Grafis STEKOM Semarang, nugroho@stekom.ac.id

¹Progdi Desain Grafis STEKOM Semarang, arie.atwa.ol@stekom.ac.id

Jl. Majapahit605, Semarang, telp/fax : 024-6717201-02

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 Mei 2020

Received in revised form 2 Juni 2020

Accepted 10 Juli 2020

Available online 17 Juli 2020

ABSTRACT

Developing of prototype now are became easier with the existence of 3 d printer, now is common known as rapid prototyping method. There are many different method on 3d printing depend on material used for printing. The wide range of material that can be print using 3d printer such as metal to plastic even ceramic. The rapid prototyping using 3d printer have various advantage compare to traditional prototyping. The development of 3d printing makes it not only for prototyping but can be a small batch manufacture, where economic scale of production cannot be reach with traditional production. The fast development of computer and internet technology have big impact on the 3d printer development, before the development of reprop 3d printing was only knew by industrialist and manufacturer. After reprop born, 3d printer is became more common to personal user. People can have their 3d printer at home. People can design their own product using CAD software and send it to 3d printer, or send it via internet to print by 3d printing company. Even there ara lot of advantages of 3D printer development , there is some disadvantages of 3d printer, especially on regulation.

Keywords: 3 dimensi, percetakan ,Reprop,

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi berbasis tiga dimensi semakin maju dengan semakin meningkatnya kemampuan komputer dalam memproses data . Salah satu teknologi yang berkembang sangat pesat adalah teknologi percetakan tiga dimensi. Teknologi ini memungkinkan seseorang mengembangkan sebuah prototipe atau komponen nyata dengan mendesain melalui komputer dalam bentuk file 3 dimensi kemudian mencetaknya melalui printer 3 dimensi.

Perkembangan printer 3 dimensi di mulai pada tahun 1986[1], Charles "Chuck" Hull mematenkan mesin stereolitografi, salah satu printer 3D paling awal. Tak lama kemudian, stereolitografi, serta beberapa paten utama lainnya, didirikan oleh Hull [2]. Beberapa tahun kemudian pada tahun 1988, Scott Crump menemukan pemodelan deposisi gabungan (FDM), teknologi pencetakan dalam bentuk lain. FDM menjadi fondasi bagi perusahaan yang dia dirikan bersama istrinya, Lisa Crump, setahun kemudian [3]. Kedua perusahaan ini kemudian menjadi dua dari perusahaan paling terkemuka di bidang percetakan 3 dimensi dan pembuatan prototipe cepat [4]. Selama kira-kira dua puluh tahun, Teknologi pencetakan 3D secara diam-diam berkembang dan berkembang, dan digunakan sebagian besar oleh desainer dan insinyur di ruang bisnis.

Hal ini mulai berubah pada tahun 2005 dengan munculnya proyek RepRap.[1] Dr Gordon memulai proyek RepRap, yang merupakan komunitas open source dengan tujuan membuat teknologi pencetakan 3 dimensi yang dapat diakses oleh semua. Tiga peserta proyek tersebut kemudian melanjutkan untuk memulai usaha mereka sendiri untuk membuat perusahaan percetakan. Bre Pettis, Adam Mayer, dan Zach “Hoeken” Smith memutuskan untuk memasarkan teknologinya ke konsumen. Mereka mendirikan MakerBot pada tahun 2009, dan memasarkan salah alat cetak 3 dimensi dalam bentuk rakitan untuk konsumen pertama kali.

Selanjutnya, kesadaran di pasar konsumen meningkat. Teknologi terus berkembang dan mesin-mesin ini telah berkembang pesat dan lebih berguna, sementara harga alat cetaknya semakin turun, sehingga menjadi lebih terjangkau.

Saat ini, pembuatan prototipe cepat melalui percetakan tiga dimensi memiliki berbagai aplikasi di berbagai bidang kegiatan manusia antara lain penelitian, teknik, industri medis, militer, konstruksi, arsitektur, fashion, pendidikan, industri komputer dan banyak lainnya.

II. TEKNOLOGI PERCETAKAN 3 DIMENSI

Teknologi pencetakan 3Dimensi terdiri dari tiga fase utama - pemodelan, pencetakan dan finishing produk[5]:

1. Pada tahap pembuatan model, untuk mendapatkan model yang digunakan untuk dicetak maka digunakan mesin yang dapat meniru objek secara virtual dan memprosesnya menjadi serangkaian penampang tipis yang digunakan secara berurutan. Model virtual 3 dimensi ini harus identik dengan model fisik yang diharapkan.
2. Pada tahap printing, 3D printer membaca desain (terdiri dari penampang lintang) dan menyimpan lapisan material, untuk membangun produk. Setiap lapisan, berbasis pada penampang virtual, digabung dengan lapisan sebelumnya dan, akhirnya, setelah semua lapisan ini tercetak, objek yang diinginkan telah diperoleh. Melalui teknik ini, satu mesin dapat membuat berbagai objek dengan berbagai bentuk, dibangun dari berbagai bahan (termoplastik, logam, bubuk, keramik, kertas, photopolymer, cairan).
3. Fase terakhir terdiri dari penyelesaian produk. Dalam banyak kasus, untuk mendapatkan presisi yang lebih tinggi, akan lebih menguntungkan untuk mencetak objek dalam bentuk yang lebih besar dari ukuran akhir yang diinginkan, kemudian menghilangkan material tambahan dengan menggunakan proses subtraktif.

Teknologi percetakan 3 dimensi adalah teknologi yang sangat berkembang luas dan memiliki banyak variasi. Variasi variasi ini juga dikarenakan penggunaan berbagai macam material sebagai hasil akhir obyek cetak

Berikut ini adalah beberapa tehnik utama dalam percetakan 3 dimensi dan material penyusunnya[5].

1. printer 3 dimensi dengan kepala inkjet dan tepung
Printer 3dimensi menaburkan lapisan tipis awal tepung yang disemprot dengan cairan pengikat. Kemudian, roller digunakan untuk menyebarkan dan memadatkan selapis tepung yang baru. Kemudian disemprot dengan cairan pengikat. Begitu seterusnya sehingga pada akhirnya, sebuah benda terdiri dari lapisan bubuk yang terikat bersama tercipta. Jika perlu, cairan pengikat juga bisa diwarnai secara berurutan untuk mendapatkan objek akhir yang berwarna. Setelah proses percetakan, dapat dilakukan proses lanjutan untuk meningkatkan kekuatan bahan (dengan lem super) atau untuk mengurangi efek pemudaran warna (dengan pelindung UV). Objek akhir yang dibuat dengan bahan penyusun yang berbeda, akan memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda, sehingga menjadi bahan komposit. Metode percetakan ini juga berguna dalam membuat objek menggunakan bubuk keramik. Objek yang dicetak kemudian diberi akan dilakukan pemanasan untuk dikeringkan dan pengkilapan, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan keindahan material.
2. The stereolithography (SLA)

The stereolithography (SLA) adalah teknologi percetakan 3 dimensi yang menggunakan bahan photopolymer cair (resin) dan sinar laser ultraviolet untuk mendapatkan lapisan objek yang berurutan. Untuk mendapatkan lapisan, laser menggunakan menggambar resin secara 2 dimensi, sehingga diperoleh penampang objek akhir. Lapisan yang sudah dibuat kemudian di sinari sinar laser ultraviolet, untuk mengeringkan dan menggabungkan lapisan dengan lapisan sebelumnya. yang sebelumnya. Melalui teknologi ini, seseorang dapat memperoleh objek akhir yang sangat halus.

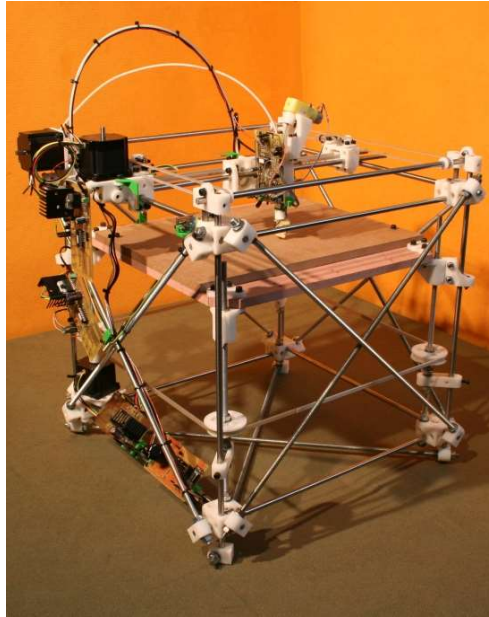
3. selective laser sintering (SLS)
selective laser sintering (SLS)metode ini melelehkan dan meleburkan lapisan partikel halus dari bahan bubuk seperti plastik (sering nilon) atau logam, menggunakan sinar laser yang kuat. Laser melintasi permukaan bubuk dan setelah penyelesaian peryinaran satu lapisan, bubuk plastik disebar. Saat laser melintasi lapisan baru ini, partikel bubuk meleleh, saling bergabung dengan lapisan sebelumnya. Teknologi SLS berguna untuk percetakan yang kompleks pada objek yang memiliki detail halus.
4. Teknologi photopolymer jetting .
Teknologi photopolymer jetting . metode ini menyebarkan tetesan resin, menggunakan pancaran kecil tersebar dengan kepala bergerak yang mirip dengan printer inkjet. Setelah menyebarkan tetesan, resin dipadatkan dengan menggunakan lampu ultraviolet. Teknologi ini berguna ketika seseorang harus mendapatkan model yang memiliki detail yang sangat halus atau permukaan yang halus, dan dapat menggunakan berbagai bahan.
5. Teknologi pencetakan 3D sintering laser logam langsung (DMLS)
Teknologi pencetakan 3D sintering laser logam langsung (DMLS) menggunakan laser untuk meleburkan partikel bubuk logam (misalnya titanium). Teknologi ini serupa dengan teknologi SLS yang sudah disebutkan yang dirancang untuk mencetak dari bahan plastik. DMLS memiliki kekurangan yaitu biaya tinggi dan membutuhkan pedoman desain khusus.
6. teknik pencetakan logam langsung
Pada teknik pencetakan logam langsung tehnik ini menghasilkan produk logam dengan menggunakan partikel bubuk logam (terutama baja tahan karat). Metode terdiri dari beberapa langkah. Pada langkah pertama, objek yang dirancang dicetak,menggunakan proses inkjet, dengan menggunakan bubuk baja tahan karat halus. Pengikat plastik yang digunakan kemudian dibakar habis, sedangkan partikel baja akan bergabung bersama dalam proses pembakaran.Kemudian, ruang kosong di dalam model tersebut diisi dengan menggunakan perunggu cair. Pada akhirnya,produk cetakan akhir terdiri dari bahan baja berpori yang diisi perunggu porositas, juga bisa berupa lempengan emas (atau logam lainnya)
7. Metode pencetakan tidak langsung
Metode pencetakan tidak langsung didasarkan pada pembuatan model atau cetakan yang bisaselanjutnya digunakan dalam membuat benda logam, berdasarkan teknik tradisional.

III. TEKNOLOGI REPRAP

Reprap sangat berkontribusi dalam perkembangan percetakan 3 dimensi, dimana percetakan 3 dimensi sebelumnya membutuhkan metode yang rumit dan peralatan yang kompleks, dengan reprap ini mesincetak 3 dimensi dapat langsung dimiliki konsumen pribadi, karena ukuran alat yang tidak besar dan harga bahan penyusunnya cukup murah.

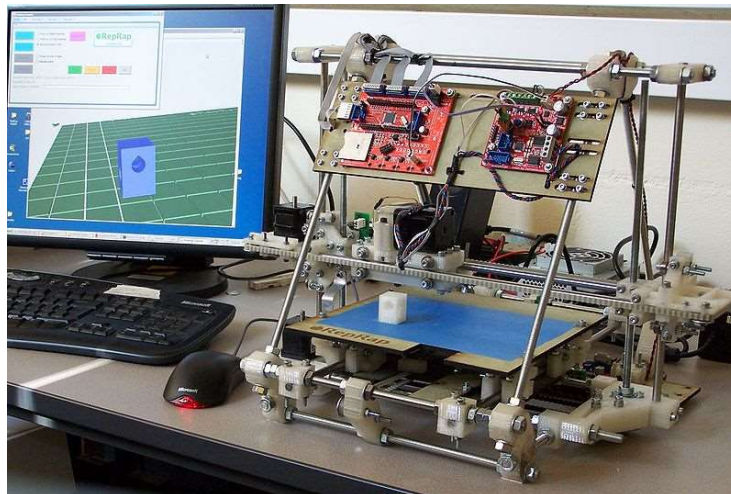
RepRap adalah mesin prototipe cepat yang dapat mereplikasi diri sendiri dalam platform open source.[6] Printer ini adalah sebuah robot yang menggunakan filamen yang dileburkan untuk membuat komponen dan produk lainnya dengan bahan dasar polimer termoplastik.RepRap telah dirancang untuk dapat secara otomatis mencetak sebagian besar bagian penyusunnya sendiri. Sedangkan bagian lain yang tersisa menggunakan bahan dan komponen standar yang tersedia dengan harga murah di seluruh dunia. Karena mesin ini bersifat open source, maka, siapa pun dapat tanpa membuat sejumlah salinannya untuk diri mereka sendiri atau untuk orang lain tanpa harus membayar royalti, dan menggunakan mesin RepRap sendiri untuk mereproduksi salinan tersebut.

RepRap dimulai oleh Adrian Bowyer di University of Bath dan timnya sejak itu merancang dan membangun dua printer, salah satunya adalah generasi pertama yang disebut Darwin [8]



Gambar 1 Reprap darwin

dan generasi kedua disebut Mendel. Semua komponen plastik Mendel dicetak pada mesin prototipe Darwin ketika mencoba untuk memperbaiki masalah dari mesin Darwin. Pembuatan ini menciptakan peningkatan pada mesin cetak termasuk membuat area pencetakan lebih besar, batasan sumbu-z yang ditingkatkan, efisiensi sumbu yang lebih baik, perakitan yang lebih sederhana, kemampuan untuk memungkinkan perubahan kepala ekstruder, dan bobot yang lebih ringan[9].



Gambar 2. REPRAP MENDEL

Yang paling tujuan penting untuk komunitas ini adalah replikasi diri dari mesin [10] dan saat ini Mendel bias mencetak 6,83% bagiannya berdasarkan nomor (menghitung setiap baut, washer, dan mur sebagai bagian terpisah), tetapi 48% tidak termasuk mur, baut, dan ring [9]. Sisa mesin dapat dibuat menggunakan sumber bahan lokal dan peralatan elektronik yang dapat dibeli atau disatukan [10]. RepRap bisa mencetak dengan ABS, polycaprolactone, polyactic acid, dan HDPE, [10]. Dalam prosesnya Pengekstrusi memasukkan filamen plastik, memanaskannya, dan mengekstrusi itu melalui nozzle. Printer menggunakan sistem tiga koordinat, dimana setiap sumbu menggunakan motor stepper untuk membuat sumbu bergerak dan atas saklar pembatas, yang mencegah pergerakan lebih lanjut di sepanjang sumbu. Proses

pencetakan adalah deposisi lapisan berurutan di mana nozzle ekstruder menyimpan lapisan 2-D dari bahan kerja, kemudian Z sumbu (vertikal) akan lebih rendah, dan ekstruder akan menyimpan lapisan lain di atas yang pertama. Dengan cara ini ia bisa membangun model tiga dimensi dari rangkaian lapisan dua dimensi.

IV. PENERAPAN TEKNOLOGI CETAK 3 DIMENSI

Perkembangan teknologi pencetakan 3 dimensi semakin mendorong berkembangnya penerapan dari teknologi ini. Secara umum penerapannya dapat dibagi menjadi sebagai berikut [1]:

1. **Pembuatan Prototipe Cepat**
"Rapid Prototyping" merupakan penerapan pencetakan 3 dimensi yang paling lama dalam ruang bisnis. Bahkan dalam beberapa penelitian, prototyping cepat mengacu pada proses mendesain 3D model dengan perangkat lunak desain berbantuan komputer (CAD), dan memproduksi prototipe, biasanya dari plastik, melalui 3D teknologi pencetakan. Prototipe ini kemudian menjadi dasar untuk desain produk akhir [11]. Pembuatan prototipe cepat mengurangi biaya produksi yang besar yang memungkinkan beberapa iterasi dari proses desain. Ini berarti insinyur dan desainer dapat merancang dengan lebih tepat model dalam 3D dan dapat meninjau objek fisik dalam skala. Pengguna kemudian mampu mengevaluasi konsep dan memberikan umpan balik atas desain atau permintaan modifikasi [12]. Ini sangat berbeda dari metode prototyping sebelumnya dalam 2D. Dalam 2D, desainer dan insinyur akan membuat sketsa, dengan pengukuran, sebuah prototipe dari berbagai perspektif di atas kertas atau dalam perangkat lunak 2D. Dengan desain 3D dan pembuatan prototipe cepat, perusahaan mengirim pengukuran yang salah atau spesifikasi yang salah menjadi produksi penuh menjadi cenderung berkurang.
2. **Pembuat**
Kelompok peneliti kolektif ini juga dikenal sebagai "Pembuat" [13]. Para pemikir dan orang yang suka membuat sesuatu membeli Printer 3D rumahan, seperti MakerBot, mempelajari teknologinya lalu membuat produk, desain, dan / atau keluaran sendiri di rumah. Produk-produk ini terkadang digunakan di rumah dan terkadang hanya untuk bereksperimen. Dalam banyak kasus, tukang mengutak-atik dan pembuat bisa juga menjadi 'konsumen' canggih yang mencoba mode solusi untuk masalah khusus mereka sendiri, jika tidak ada pilihan pasar - juga disebut sebagai Pengguna Utama oleh Von Hippel [14]. Mereka yang mengikuti dan berpartisipasi dalam proyek RepRap mungkin adalah pengotak-atik / pembuat paling awal dalam pencetakan 3 dimensi. Dengan bantuan proyek RepRap, pengguna membuat 3D mereka sendiri printer, dan kemudian menggandakan atau membuat sendiri printer 3D yang ada dengan peningkatan daya guna dan berbagai perbaikan. Misalnya, MakerBot memulai dengan cara ini - Pendirinya adalah pengguna awal printer 3D melalui RepRap [15]. Peneliti lain menggunakan informasi dari Proyek RepRap untuk menentukan efek open source komunitas telah mengembangkan pencetakan 3D oleh membuat printer 3D dari Lego [7]. RepRap terus berlanjut jadilah model untuk komunitas open source.
3. **Personal Manufacturing**
Ketika sebuah konsumen mengidentifikasi atau menciptakan produk yang lebih cocok persyaratan mereka, konsumen merancang prototipe dengan Perangkat lunak CAD (atau memindai prototipe dengan pemindai 3D). Kemudian, konsumen mencetaknya pada printer 3D mereka di rumah, atau mengirimkannya ke layanan pencetakan 3D untuk produksi [16]. Ide ini, di mana konsumen membuat produk mereka sendiri, bukan menunggu perusahaan untuk menyesuaikan penawaran produk, adalah dikenal sebagai "Manufaktur Pribadi". Dengan Manufaktur Pribadi, konsumen mengisi kebutuhan pasar mereka sendiri, dengan demikian menjalankan siklus pengembangan produk mereka sendiri. Mereka tidak perlu menunggu perusahaan membuat prototipe, memproduksi, merakit, mendistribusikan, menyimpan, atau menjual eceran produk baru. Nyatanya, dalam beberapa hal konsumen tidak harus mendesain prototipe unik dengan perangkat lunak CAD. Mereka bisa mencari situs, yaitu CAD file. Dari sana, konsumen dapat mengirimkan file tersebut ke printer 3D mereka.
4. **Produksi jumlah Kecil**
"produksi dalam jumlah kecil" adalah proses manufaktur dimana pengusaha atau bisnis menentukan rendahnya volume produk tertentu layak secara ekonomi. Secara historis, produksi batch kecil tidak

akan hemat biaya seperti manufaktur jalur perakitan. Produksi biasanya paling menguntungkan jika skala ekonomi menguntungkan tercapai, artinya harga untuk memproduksi setiap unit berikutnya menurun karena lebih banyak unit diproduksi [17]. Dengan adanya Pencetakan 3D dimungkinkan memfasilitasi volume produksi kecil ke pasar global kecil [18]. Kecilnya jumlah produksi, perusahaan kecil dan startup berkomitmen pada pengembangan produk dengan ceruk pasar yang sangat kecil[19].

5. Manufaktur Sesuai Permintaan

Dengan pencetakan 3 dimensi, rantai pasokan yang lebih sederhana dimungkinkan, dihasilkan dalam waktu pengiriman yang lebih singkat dan tingkat persediaan yang berkurang. Ketika sebuah barang dipesan secara online, pelanggan mendesain barang terlebih dahulu dan lalu lanjutkan ke pembayaran. Setelah pesanan ditempatkan, fasilitas manufaktur lokal membangun item tersebut, dan kemudian mengirimkannya ke pelanggan lokal. Karena produk dikirim dengan jarak yang lebih pendek, biaya pengiriman akan lebih sedikit.

V. KEUNTUNGAN DAN KETERBATASAN DALAM TEKNOLOGI PERCETAKAN 3 DIMENSI

Keuntungan dalam pencetakan 3 dimensi adalah[5]:

1. Teknologi pencetakan 3 dimensi memungkinkan pembuatan objek 3D yang kompleks dalam jangka waktu singkat, dengan detail halus, dari bahan berbeda. Melalui pencetakan 3 dimensi , pelanggan memiliki kemungkinan untuk membuat objek dan bentuk yang kompleks yang tidak mungkin diperoleh melalui teknologi lain yang ada.
2. Keuntungan yang sangat penting dalam membuat objek menggunakan teknologi pencetakan 3dimensi dibandingkan pembuatan secara tradisional adalah adalah pengurangan limbah. Karena bahan penyusun ditambahkan lapis demi lapis, limbah hampir nol dan selama produksi, hanya digunakan bahan yang dibutuhkan untuk mendapatkan tujuan akhir.sementara dalam metode tradisional biasanya menggunakan teknik teknik subtraktif, dimana produk akhir diproduksi melalui pemotongan atau pengeboran bahan baku dasar yang menyebabkan kerugian materi yang cukup besar.
3. Seseorang dapat dengan mudah mencetak bagian kecil yang dapat dilepas dari produk akhir.
4. Desain digital produk dapat dikirim melalui Internet ket tempat di mana dia bisa mencetaknya.
5. Pelanggan juga memiliki kemungkinan untuk mencetak barang di lokasi terpencil mengingat fakta internet saat ini tersebar luas di beberapa Negara .
6. Beberapa bahan yang digunakan dalam pencetakan 3D memiliki sifat yang lebih baik dalam hal kekuatan dan memberikan berbagai detail finishing yang lebih unggul, dibandingkan dengan bahan yang digunakan saat membuat objek melalui teknologi tradisional.
7. Karena proses pencetakan 3 dimensi adalah teknik yang dikendalikan komputer, proses ini mengurangi jumlah interaksi manusia yang diperlukan dan membutuhkan tingkat keahlian yang rendah untuk operator. Selanjutnya, proses tersebut memastikan bahwa produk akhir mewakili versi 3D yang sempurna dari desain digital, tidak termasuk kesalahan yang mungkin terjadi muncul saat menggunakan teknologi lain yang ada.
8. Menggunakan teknologi pencetakan 3Dimensi seseorang dapat menghasilkan desain kompleks yang berguna dalam berbagai bidang: fashion, industri, seni, perhiasan, industri komputer,telekomunikasi, transportasi, dll. Pencetakan 3 dimensi telah menghasilkan kemajuan luar biasa dalam bidang kedokteran,mampu menyelamatkan nyawa, menurunkan biaya perawatan kesehatan dan meningkatkan kualitas hidup manusia.
9. . Iklan perangkat pencetakan 3Dimensi dapat dicapai secara efisien dengan menggunakan Internet , karena perangkat ini ditargetkan untuk pengguna yang paham teknologi dan karena itu tidak perlu melakukan kampanye pemasaran yang mahal (di radio, TV, dll.) [4].

Kelemahan dan keterbatasan dalam teknologi pencetakan 3 dimensi adalah[5] .

1. Minimnya peraturan dan regulasi terkait pencetakan 3D. Sebagai contoh, ada senjata yang di cetak dengan pencetakan 3dimensi (dan ini sudah terjadi), Pembuatan senjata, suku cadang pesawat terbang, suku cadang militer, suku cadang palsu untuk operasi komersial atau pertahanan (dirancang untuk sabotase), obat-obatan atau senjata kimia. Selain itu, semua ini bisa dibuat dengan mudah, dengan biaya rendah dan sangat cepat. Apalagi bisa jadi senjata sangat mudah disamarkan dalam

produk yang tidak berbahaya. Dengan demikian, pencetakan 3D bisa menjadi potensi bahaya saat digunakan oleh penjahat atau pemalsu.

2. Kerugian utama lainnya dari printer 3D adalah kenyataan bahwa anak-anak dapat mencetak barang berbahaya. Untuk mencegah hal ini, seseorang dapat memberikan pembatasan dalam perangkat lunak dan penggunaannya harus dalam bimbingan orang tua.
3. Kerugian utama dari pencetakan 3D adalah biayanya yang tinggi. Dengan meninjau harga sebenarnya dari perangkat dan bahan, pencetakan 3D adalah solusi terbaik ketika seseorang perlu mencetak sejumlah kecil objek yang kompleks, tetapi menjadi mahal untuk mencetak objek sederhana dalam jumlah besar, jika dibandingkan dengan teknik pembuatan tradisional. Selain itu, pencetakan 3D menjadi tidak menguntungkan saat mencetak objek berukuran besar. Biaya benda besar yang dicetak dengan printer 3 dimensi akan jauh lebih tinggi daripada diproduksi secara tradisional.
4. Dalam hubungannya dengan biaya material (terutama yang berkaitan dengan cetakan), pencetakan 3 dimensi tidak selalu merupakan pilihan teknis terbaik, sebagian besar material cetakan dapat terdegradasi dari waktu ke waktu dan sensitif saat terpapar di luar ruangan.
5. Terkadang, kualitas hasil cetak 3D lebih rendah daripada yang diproduksi secara tradisional. Meskipun pembuatan barang dengan pencetakan 3 dimensi dapat mencetak objek yang memiliki desain yang rumit, produk akhir terkadang memiliki kekurangan yang mungkin terjadi tidak hanya memengaruhi desain objek, tetapi juga fungsionalitas dan ketahanannya.

IV. KESIMPULAN

Dari berbagai ulasan yang sudah disampaikan sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Teknologi pencetakan 3 dimensi akan terus berkembang pesat sesuai dengan kesadaran konsumen tentang pemanfaatannya.
2. Pencetakan 3 dimensi memiliki kemampuan baik dalam skala industri pencetakan logam sampai dengan skala rumahan dengan adanya produk yang mengacu pada proyek reprop. dengan adanya proyek reprop harga mesin pencetakan 3 dimensi akan menurun.
3. Selain dengan berbagai kelebihan mesin pencetakan 3 dimensi memiliki beberapa kelemahan, dan yang paling penting untuk ditindak lanjuti adalah perlu adanya regulasi dalam mengatur pencetakan 3 dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elizabeth Matias, Bharat Rao (2015):3D Printing: On Its Historical Evolution and the Implications for Business Proceedings of PICMET '15: Management of the Technology Age pertama comon aplication
- [2] Lipson, H., & M. Kurman. (2013). Fabricated: The New World of 3D Printing - The promise and peril of a machine that can make (almost) anything. Indianapolis, IN: John Wiley & Sons Inc.
- [3] Gibson , I., D. W. Rosen, & B. Stucker. (2010). Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping. New York, NY,10013: Springer Science+Business Media.
- [4] GridLogics Technologies Pvt Ltd. (2014). 3D Printing Technology Insight Report: An analysis of patenting activities from 1990-current. GridLogics Technologies Pvt Ltd.
- [5] Alexandru Pirjan & Dana-Mihaela Petrosanu, 2013. "The Impact Of 3d Printing Technology On The Society And Economy," Romanian Economic Business Review, Romanian-American University, vol. 7(2), pages 360-370, December.
- [6] Rhys Jones, Patrick Haufe, Ed Sells, Pejman Irvani, Vik Olliver, Chris Palmer, and Adrian Bowyer (2011) RepRap - the replicating rapid prototyper Article in Robotica · January 2011
- [7] Kostakis, V., & M. Papachristou. (2013). Commons-based Peer Production and Digital Fabrication: The case of a RepRap-based, Lego-built 3D printing-milling machine q. Telematics and Informatics.
- [8] J. M Pearce, C. Morris Blair, K. J. Laciak, R. Andrews & A. Nosrat, I. Zelenika-Zovko (2010) 3-D Printing of Open Source Appropriate Technologies for Self-Directed Sustainable Development Journal of Sustainable Development Vol. 3, No. 4; December 2010
- [9] RepRap. (2010). RepRap. [Online] Available: http://reprap.org/wiki/Main_Page (June 30, 2010).

-
- [10] Sells, E., Bailard, S., Smith, Z., Bowyer, A., & Olliver, V. (2009). RepRap: The Replicating RapidPrototyper-maximizing customizability by breeding the means of production. In F. T. Pillar & M. M. Tseng(Eds.), Handbook of Research In Mass Customization and Personalization, Volume 1 : Strategies and Concepts. New Jersey: World Scientific. 568-580.
- [11] Pham, D., & R. Gault. (1998). A Comparison of Rapid Prototyping Technologies. International Journal of Machine Tools & Manufacture Design, Research, and Application . Cardiff, United Kingdom.
- [12] Gibson , I., D. W. Rosen, & B. Stucker. (2010). Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping. New York, NY,10013: Springer Science+Business Media.
- [13] Anderson, C. (2012). Makers: The new Industrial Revolution. New York, NY: Crown Publishing Group.
- [14] Von Hippel, E. (2005). Democratizing Innovation. Cambridge , MA: The MIT Press.
- [15] de Jong, J. P., & E. de Bruijn. (2013, Winter). Innovative Lessons in 3D Printing. MIT Sloan Management Review.
- [16] Flynn, A., & E. F. Vencat. (2012). Custom Nation: Why customization is the future of business and how to profit from it. BenBella Books.
- [17] Rosenberg, N. (1982). Inside the Black Box: technology and economics. New York, NY: Cambridge University Press.
- [18] Anderson, C. (2012). Makers: The new Industrial Revolution. New York, NY: Crown Publishing Group.
- [19] Leckart, S. (2013, March 27). Popular Mechanics. Retrieved July 1,2014, from New American Success Stories:<http://www.popularmechanics.com>