

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, perubahan jaman semakin cepat dengan perkembangan yang begitu pesat. Akibatnya, percepatan aktivitas manusia merupakan keniscayaan yang tidak bisa ditolak. Hal inilah yang memicu munculnya teknologi-teknologi terbaru. Filosofinya tentu untuk membantu menyelesaikan tugas-tugas manusia dengan biaya dan tenaga seminimal mungkin. Salah satu teknologinya adalah teknologi 3D Printing. Saat ini, teknologi pencetakan 3D memainkan peran penting dalam pengembangan produk, pembuatan prototipe, dan manufaktur.

Dalam industri manufaktur, desain suatu produk menjadi bagian yang sangat penting mengingat begitu ketatnya persaingan dan cepatnya inovasi-inovasi yang dikeluarkan oleh produsen untuk mendapatkan pasar penjualan. Beberapa perusahaan manufaktur melakukan pengembangan produk, yaitu proses dimana konsep produk harus diterjemahkan dari gambar teknik menjadi produk fisik. Pembuatan produk fisik model pertama atau *prototype* dinamakan *prototyping*. *Prototyping* sangat penting karena merupakan makna terakhir dalam verifikasi bentuk, kesesuaian, dan fungsi produk.

Sebuah produk yang akan diproduksi secara massal memerlukan sebuah *prototype* awal sehingga bisa menilai apakah suatu produk desain telah memenuhi kriteria yang diinginkan dan siap untuk diproduksi secara massal. *Prototyping* akan sangat membantu menentukan proses produksi selanjutnya dan nilai investasi yang harus dikeluarkan. Untuk keperluan pembuatan *prototyping* awal tersebut, salah satu alternatifnya adalah menggunakan 3D printing.

Salah satu keuntungan penggunaan 3D printing untuk membuat *prototyping* adalah dapat membuat *prototype* dalam waktu yang singkat dan biaya yang relatif murah dibandingkan pembuatan *prototype* secara konvensional. Printer 3D ini menjadi alat vital dalam dunia industri. Namun untuk industri di Indonesia belum banyak menggunakan alat ini dikarenakan harga mesin tersebut relatif mahal untuk industri-industri berkembang di Indonesia dan kurangnya pengetahuan tentang penggunaan 3D printer ini dikalangan masyarakat Indonesia. Salah satu industri manufaktur yang menggunakan 3D printing adalah PT. Inovasi Tiga Dimensi.

1.2 Tujuan

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka tujuan dari desain dan manufaktur prototype Kotak Relay ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara kerja mesin 3D printing dan hasil printernya.
2. Untuk mendrawing gambar teknik Kotak Relay
3. Untuk mengetahui pengaruh parameter *printing* dengan hasil *printing*
4. Untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan pada Kotak Relay

1.3 Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas di dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman. Adapun hal-hal yang akan dibahas dalam desain dan manufaktur *prototype* ini adalah sebagai berikut :

1. Desain Kotak Relay dengan menggunakan software SOLID WORKS 20017/AUTOCAD
2. Proses manufaktur menggunakan 3D printer type FDM (Fused Deposition Modelling)
3. Posisi hasil printing adalah Vertikal
4. Bahan baku Filamen PLA
5. Temperatur nozel 200⁰C
6. Temperatur Build/Landasan 60⁰C

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari desain dan manufaktur *prototype* Kotak Relay ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Sebagai suatu penerapan teori dan praktek yang telah diperoleh pada saat dibangku perkuliahan.
 - b. Melatih mahasiswa dalam pendesainan produk atau komponen mesin dengan menggunakan computer.

- c. Menambah skil mahasiswa dalam penggunaan software Solid Works/Auto Cad
- d. Menambah pengetahuan mahasiswa dibidang teknologi 3D printer
2. Bagi Prodi Teknik Mesin UHN Medan
 - a. Sebagai bahan kajian di Prodi Teknik Mesin dalam mata kuliah bidang Teknik Mesin
3. Bagi Industri Manufaktur
 - a. Memperoleh solusi dalam pembuatan *prototype* awal tanpa membutuhkan biaya yang mahal

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan tugas akhir ini :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai tugas akhir yang meliputi, pembahasan tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Landasan teori yang berisi tentang defenisi desain, prototype, rapid prototyping, dan 3D Printer

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang bahan yang digunakan, variabel penelitian, langkah-langkah penelitian secara metode analisis data.

BAB IV :HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan penyajian hasil data dan pembahasan yang diperoleh dari pengujian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan jawaban dari tujuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Desain

Desain adalah proses menterjemahkan ide-ide baru atau kebutuhan pasar menjadi informasi detil suatu produk dapat dibuat. Setiap langkah-langkah desain membutuhkan keputusan untuk menggunakan material apa dalam membuat produk tersebut dan proses pembuatannya. Umumnya pemilihan material itu ada didalam standard desain. Tetapi kadang-kadang suatu produk baru atau kelanjutan dari produk sebelumnya dapat dibuat atau disarankan untuk dibuat dengan material baru. Jumlah material yang tersedia untuk kebutuhan para *engineer* sangat banyak, antara 40.000-80.000 jenis. Walaupun adanya standarisasi telah mengurangi jumlah ini, namun munculnya material-material baru dengan sifat yang lebih baik bahkan menambah jumlah material.

2.2 Prototyping

Prototyping adalah contoh awal konsep sebagai bagian dari proses pengembangan produk. *Prototype* melayani berbagai tujuan baik dari sudut pandang bisnis maupun teknik. Bisnis menggunakan *prototype* untuk mengumpulkan umpan balik pelanggan yang terperinci

tentang masalah-masalah seperti estetika, ergonomik, dan tema. Serta untuk riset pemasaran dan analisis biaya. *Prototyping* digunakan oleh para insinyur untuk menyediakan data manufaktur dan perakitan, untuk menyelidiki integrasi sistem masalah dan untuk mengembangkan analisis dan strategi pengujian. dalam beberapa kasus, *prototyping* juga digunakan di fase generasi konsep dari proses desain untuk membantu desainer untuk memperluas atau mengontrak himpunan konsep yang mungkin. Jelas *prototyping* adalah bagian penting dari sebagian besar proses desain.

2.3 *Rapid Prototyping*

Rapid Prototyping (RP) dapat didefinisikan sebagai metode-metode yang digunakan untuk membuat model berskala (*prototype*) dari mulai bagian suatu produk (*part*) ataupun rakitan produk (*assembly*) secara cepat dengan menggunakan data *Computer-Aided Design* (CAD) tiga dimensi. *Rapid Prototyping* memungkinkan visualisasi suatu gambar 3D (tiga dimensi) menjadi benda tiga dimensi asli yang mempunyai volume. Selain itu produk-produk *rapid prototyping* juga dapat digunakan untuk menguji *part* tertentu.

Paket perangkat lunak mengiris model CAD menjadi jumlah lapisan tipis =0,1 mm tebal yang mungkin dibangun satu diatas yang lain. Ini adalah “Proses Aditif” dari pada kebanyakan proses pemesinan “Proses Subtraktif”.

Ada 5 teknik (metode) *rapid prototyping*, yaitu:

a. *Stereo Lithography* (SLA)

Dipatenkan pada tahun 1986, SLA memulai revolusi *rapid prototyping*. SLA adalah proses pembuatan aditif dalam bentuknya yang paling umum. Dimana bekerja dengan memfokuskan laser ultraviolet (UV) pada tong resin *photopolymer*. Dengan bantuan *Computer-Aided Manufacturing* atau *Computer-Aided Design* (CAM / CAD). Laser UV digunakan untuk menggambar desain atau bentuk yang diprogram sebelumnya pada permukaan tong *photopolymer*. *Photopolymers* sensitif terhadap sinar ultraviolet, sehingga resin secara fotokimia dipadatkan dan membentuk satu lapisan objek 3D yang diinginkan. Kemudian, *platform build*

menurunkan satu lapisan dan *blade* mengulangi bagian atas tangki dengan resin. Proses ini diulang untuk setiap lapisan desain sampai objek 3D selesai. Bagian yang sudah selesai harus dicuci dengan pelarut untuk membersihkan resin basah dari permukaannya.

Dimungkinkan juga untuk mencetak objek "*bottom up*" dengan menggunakan tong dengan dasar transparan dan memfokuskan UV atau laser polimerisasi biru ke atas melalui bagian bawah tong. Mesin stereolithografi terbalik memulai cetakan dengan menurunkan *platform build* untuk menyentuh bagian bawah tong yang diisi resin, kemudian bergerak ke atas ketinggian satu lapisan. Laser UV kemudian menulis lapisan paling bawah dari bagian yang diinginkan melalui bagian bawah tong transparan. Kemudian tong itu "diguncang", melenturkan dan mengupas bagian bawah tong jauh dari *photopolymer* yang mengeras; bahan keras melepaskan dari dasar tong dan tetap melekat pada *platform build* meningkat, dan *photopolymer* cair baru mengalir dari tepi bagian yang dibangun sebagian. Laser UV kemudian menulis lapisan kedua dari bawah dan mengulangi prosesnya. Keuntungan dari mode *bottom up* ini adalah bahwa volume *build* dapat jauh lebih besar daripada tong itu sendiri, dan hanya cukup *photopolymer* yang diperlukan untuk menjaga bagian bawah *build* terus-menerus penuh dengan *photopolymer*. Pendekatan ini tipikal untuk printer SLA desktop, sedangkan pendekatan sisi kanan lebih sering terjadi pada sistem industri.

SLA membutuhkan penggunaan struktur pendukung yang menempel pada platform elevator untuk mencegah defleksi akibat gravitasi, menahan tekanan lateral dari pisau yang diisi resin, atau mempertahankan bagian yang baru dibuat selama "*vat rocking*" dari pencetakan *bottom up*. Dukungan biasanya dibuat secara otomatis selama persiapan model CAD dan juga dapat dilakukan secara manual. Dalam situasi apa pun, dukungan harus dihilangkan secara manual setelah pencetakan.

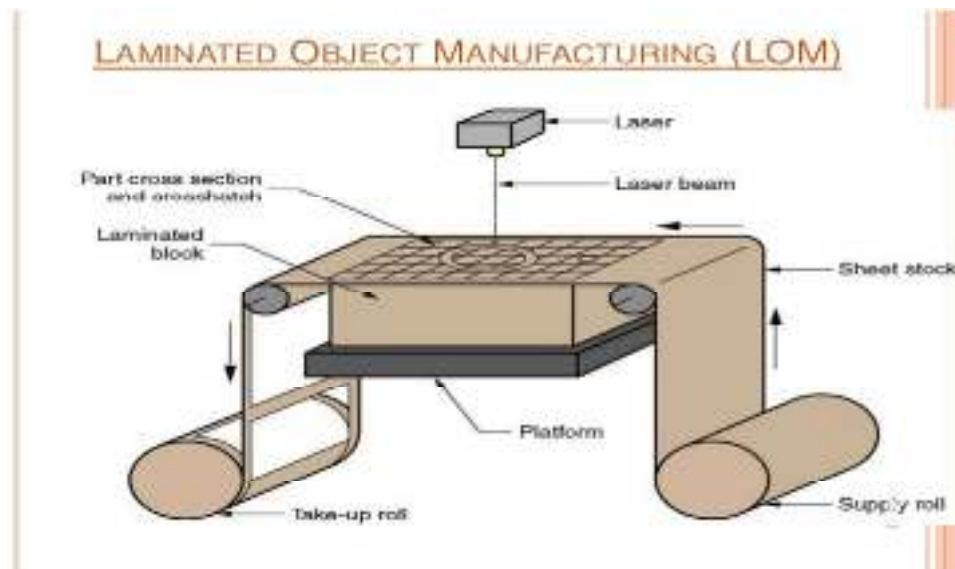
Bentuk stereolithografi lainnya membangun setiap lapisan dengan penutup LCD, atau menggunakan proyektor DLP.



Gambar 2.1 Stereo Lithography (SLA)

b. *Laminated Object Manufacture (LOM)*

Laminated object manufacturing (LOM) adalah sistem *rapid prototyping* yang dikembangkan oleh Helisys Inc (*Cubic Technologies* sekarang merupakan organisasi penerus Helisys). Di dalamnya, lapisan kertas berlapis perekat, plastik, atau laminasi logam secara berturut-turut direkatkan bersama dan dipotong menjadi bentuk dengan pisau atau pemotong laser. Objek yang dicetak dengan teknik ini dapat dimodifikasi dengan pemesinan atau pengeboran setelah pencetakan. Resolusi lapisan tipikal untuk proses ini ditentukan oleh bahan baku material dan biasanya memiliki ketebalan mulai dari satu hingga beberapa lembar kertas fotokopi.



Gambar 2.2 Laminated Object Manufacturing (LOM)

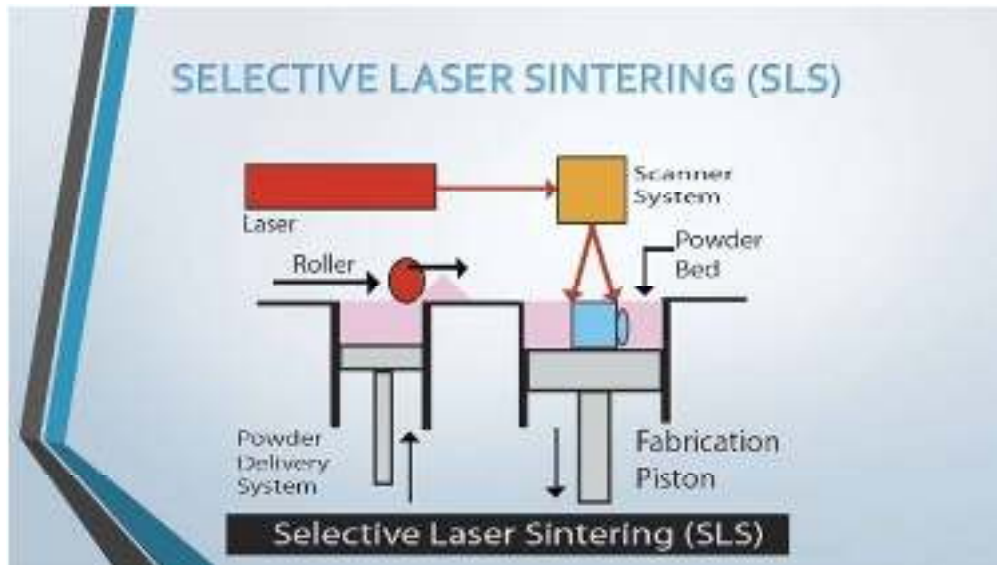
c. *Selective Laser Sintering (SLS)*

Selective laser sintering (SLS) adalah teknik pembuatan *aditif manufaktur* (AM) yang menggunakan laser sebagai sumber daya untuk menyinter bahan bubuk (biasanya nilon atau poliamida), mengarahkan laser secara otomatis pada titik-titik di ruang yang ditentukan oleh model 3D, mengikat bahan bersama-sama untuk

menciptakan struktur yang *solid*. Ini mirip dengan *Selective Laser Melting* (SLM); keduanya adalah contoh dari konsep yang sama tetapi berbeda dalam detail teknis. *Selective laser melting* (SLM) menggunakan konsep yang sebanding, tetapi dalam SLM bahan sepenuhnya meleleh daripada disinter, memungkinkan sifat yang berbeda (struktur kristal, porositas, dan sebagainya). SLS (serta teknik AM lainnya yang disebutkan) adalah teknologi yang relatif baru yang sejauh ini terutama digunakan untuk pembuatan prototipe cepat dan untuk produksi komponen komponen dalam volume rendah. Peran produksi berkembang seiring dengan komersialisasi teknologi AM yang meningkat.

Teknologi lapisan manufaktur tambahan, SLS melibatkan penggunaan laser daya tinggi (misalnya, laser karbon dioksida) untuk memadukan partikel kecil plastik, logam, keramik, atau serbuk kaca menjadi massa yang memiliki bentuk tiga dimensi yang diinginkan. Laser selektif memadukan bahan bubuk dengan memindai penampang yang dihasilkan dari deskripsi digital 3-D bagian (misalnya dari file CAD atau data pemindaian) pada permukaan bed. Setelah setiap penampang dipindai, alas bedak diturunkan dengan satu ketebalan lapisan, lapisan material baru diaplikasikan di atas, dan proses diulangi sampai bagian tersebut selesai.

Berbeda dengan beberapa proses pembuatan aditif lainnya, seperti *stereolithography* (SLA) *Fused Deposition Modelling* (FDM), yang paling sering membutuhkan struktur pendukung khusus untuk membuat desain yang menggantung, SLS tidak memerlukan pengumpan terpisah untuk bahan pendukung karena bagian yang sedang dibangun dikelilingi oleh bubuk yang tidak disintesis setiap saat, ini memungkinkan untuk konstruksi geometri yang sebelumnya tidak mungkin. Juga, karena ruang mesin selalu diisi dengan bahan serbuk, pembuatan beberapa bagian memiliki dampak yang jauh lebih rendah pada keseluruhan kesulitan dan harga desain karena melalui teknik yang dikenal sebagai “bagian bersarang” beberapa bagian dapat diposisikan agar sesuai dengan batas-batas dari mesin. Satu aspek desain yang harus diperhatikan adalah bahwa dengan SLS adalah tidak mungkin untuk membuat elemen berongga tetapi tertutup sepenuhnya. Ini karena bubuk yang tidak disintesis di dalam elemen tidak dapat dikeringkan.



Gambar 2.3 *Selective Laser Sintering (SLS)*

d. *Fused Deposition Modeling (FDM)*

Fused filament fabrication (FFF), juga dikenal dengan istilah *Fused Deposition Modeling (FDM)*, yang kadang-kadang juga disebut fabrikasi bentuk bebas filamen, adalah proses pencetakan 3D yang menggunakan filamen terus menerus dari bahan termoplastik. *Filament* diumpukan dari koil besar melalui kepala, mesin pengestrusi printer yang dipanaskan, dan disimpan pada pekerjaan yang sedang berkembang. *Print head* dipindahkan di bawah kendali komputer untuk menentukan bentuk cetakan. Biasanya kepala bergerak dalam dua dimensi untuk menyimpan satu bidang horizontal, atau lapisan, pada satu waktu; pekerjaan atau print head kemudian dipindahkan secara vertikal dengan jumlah kecil untuk memulai layer baru. Kecepatan kepala *ekstruder* juga dapat dikontrol untuk berhenti dan memulai pengendapan dan membentuk bidang yang terputus tanpa merangkai atau menggiring bola antar bagian. "Pembuatan filamen menyatu" diciptakan oleh anggota proyek RepRap untuk memberikan frasa yang secara hukum tidak akan dibatasi dalam penggunaannya, diberikan merek dagang yang mencakup "pemodelan deposisi peleburan".

Pencetakan filamen yang menyatu sekarang merupakan proses yang paling populer (berdasarkan jumlah mesin) untuk pencetakan 3D tingkat hobi. Teknik-teknik lain seperti *photopolymerisation* dan *sintering* bubuk mungkin menawarkan hasil yang lebih baik, tetapi mereka jauh lebih mahal.

Kepala printer 3D atau *extruder printer 3D* adalah bagian dalam pembuatan bahan tambahan ekstrusi yang bertanggung jawab atas peleburan bahan baku dan membentuknya menjadi profil berkelanjutan. Berbagai macam bahan filamen diekstrusi, termasuk termoplastik seperti *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *polylactic acid* (PLA), *high-impact polystyrene* (HIPS), termoplastik polyurethane (TPU) dan poliamida alifatik (nilon).

Pencetakan 3D, juga disebut sebagai *aditif manufaktur* (AM), melibatkan pembuatan bagian dengan menyimpan bahan lapis demi lapis. Ada beragam teknologi AM yang berbeda yang dapat melakukan ini, termasuk ekstrusi bahan, pengikat binder, pengaliran material, dan pengendapan energi terarah. Proses ini memiliki berbagai jenis pengestrusi dan mengusir bahan yang berbeda untuk mencapai produk akhir.



Gambar 2.4 Fused Deposition Modeling (FDM)

e. *Solid Ground Curing* (SGC)

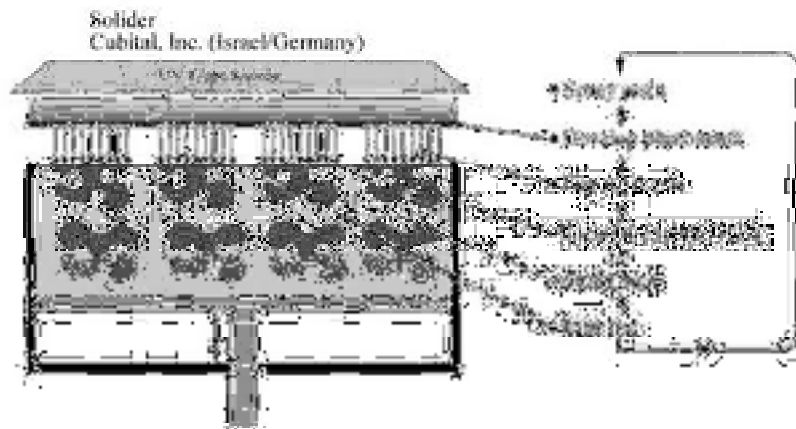
Solid ground curing (SGC) adalah teknologi aditif berbasis foto polimer (atau pencetakan 3D) yang digunakan untuk memproduksi model, *prototipe*, pola, dan bagian produksi, di mana produksi geometri lapisan dilakukan dengan cara dari lampu UV berdaya tinggi melalui topeng. Karena dasar dari *curing* tanah padat adalah paparan setiap lapisan model dengan menggunakan lampu melalui masker, waktu pemrosesan untuk pembuatan lapisan tidak tergantung pada kompleksitas lapisan. SGC dikembangkan dan dikomersialkan oleh Cubital Ltd. Israel pada tahun 1986 dengan nama alternatif Sistem Solider. Walaupun metode ini menawarkan akurasi yang baik dan tingkat fabrikasi yang sangat tinggi, metode ini menderita karena akuisisi tinggi dan biaya pengoperasian karena kompleksitas sistem. Hal ini menyebabkan penerimaan pasar

yang buruk. Sementara perusahaan masih ada, sistem tidak lagi dijual. Namun demikian, ini masih merupakan contoh menarik dari banyak teknologi selain stereolithografi, proses *prototyping* cepat yang telah digunakan sebelumnya yang juga menggunakan bahan polimer foto. Meskipun Objet Geometries Ltd. dari Israel mempertahankan hak kekayaan intelektual dari proses tersebut setelah penutupan Cubital Ltd. pada tahun 2002, teknologinya tidak lagi diproduksi.

Curing tanah padat menggunakan proses umum pengerasan *photopolymers* dengan pencahayaan lengkap dan pengerasan seluruh permukaan, menggunakan masker yang disiapkan khusus. Dalam proses SGC, setiap lapisan *prototipe* disembuhkan dengan mengekspos ke lampu ultra violet (UV) alih-alih dengan pemindaian laser. Sehingga, setiap bagian dalam lapisan disembuhkan secara simultan dan tidak memerlukan proses *pasca-curing*. Proses ini berisi langkah-langkah berikut.

- 1) Bagian melintang dari setiap lapisan irisan dihitung berdasarkan model geometris bagian dan ketebalan lapisan yang diinginkan.
- 2) Topeng optik dihasilkan sesuai dengan setiap penampang.
- 3) Setelah *leveling*, *platform* ditutupi dengan lapisan tipis *photopolymer* cair.
- 4) Topeng yang sesuai dengan lapisan saat ini diposisikan di atas permukaan resin cair, dan resin terkena lampu UV daya tinggi.
- 5) Cairan sisa dikeluarkan dari benda kerja oleh penghapus aerodinamis.
- 6) Lapisan lilin leleh tersebar di benda kerja untuk mengisi kekosongan. Lilin kemudian dipadatkan dengan mengoleskan pelat dingin.
- 7) Permukaan lapisan dipangkas dengan ketebalan yang diinginkan oleh *disk milling*.
- 8) Benda kerja saat ini ditutupi dengan lapisan tipis polimer cair dan langkah 4 hingga 7 diulang untuk setiap lapisan atas berikutnya sampai lapisan paling atas telah diproses.
- 9) Lilin dilelehkan setelah selesai bagian.

Solid Ground Curing (SGC)



Gambar 2.5 Solid Ground Curing (SGC)

2.4 3D Printer

Proses 3D printer membangun objek tiga dimensi dari model *computer-aided design* (CAD), biasanya dengan menambahkan bahan lapis demi lapis secara berturut-turut, itulah sebabnya ia juga disebut *aditif manufacturing*, tidak seperti permesinan konvensional, pengecoran dan penempaan proses, dimana bahan dihilangkan dari persediaan barang (subtraktif manufaktur) atau dituangkan ke dalam cetakan dan dibentuk dengan cara mati, tekan dan palu. Istilah "pencetakan 3D" mencakup berbagai proses di mana bahan bergabung atau dipadatkan di bawah kendali komputer untuk membuat objek tiga dimensi, dengan bahan yang ditambahkan bersama-sama (seperti molekul cair atau butiran serbuk disatukan bersama-sama), biasanya lapis demi lapisan. Pada 1990-an, teknik pencetakan 3D dianggap hanya cocok untuk produksi *prototipe* fungsional atau estetika dan istilah yang lebih tepat untuk itu adalah *rapid prototyping*. Pada 2019 presisi, pengulangan dan jangkauan material telah meningkat ke titik bahwa beberapa proses pencetakan 3D dianggap layak sebagai teknologi produksi industri, di mana istilah *aditif*

manufakturing dapat digunakan secara sinonim dengan "pencetakan 3D". Salah satu keuntungan utama dari pencetakan 3D adalah kemampuan untuk menghasilkan bentuk atau geometri yang sangat kompleks, dan prasyarat untuk memproduksi bagian cetak 3D adalah model 3D digital atau *file* CAD. Proses pencetakan 3D yang paling umum digunakan (46% pada 2018) adalah teknik ekstrusi bahan yang disebut *fused deposition modeling* (FDM).

Istilah *additive manufacturing* (AM) mendapatkan popularitas di tahun 2000-an, yang terinspirasi oleh tema bahan yang ditambahkan bersama-sama (dengan berbagai cara). Sebaliknya, istilah manufaktur subtraktif muncul sebagai *retronym* untuk keluarga besar proses pemesinan dengan penghapusan material sebagai tema umum mereka. Istilah pencetakan 3D masih hanya mengacu pada teknologi polimer di sebagian besar pikiran, dan istilah AM lebih cenderung digunakan dalam pengerjaan logam dan penggunaan konteks produksi bagian akhir daripada di antara penggemar polimer, *ink-jet*, atau *stereo litografi*.

Pada awal 2010-an, istilah pencetakan 3D dan manufaktur aditif berkembang di mana mereka menjadi istilah alternatif untuk teknologi aditif, yang digunakan dalam bahasa populer oleh komunitas pembuat konsumen dan media, dan yang lainnya digunakan secara lebih formal oleh pengguna akhir industri bagian produsen, produsen mesin, dan organisasi standar teknis global. Sampai saat ini, istilah pencetakan 3D telah dikaitkan dengan mesin dengan harga rendah atau kemampuan. Pencetakan 3D dan manufaktur aditif mencerminkan bahwa teknologi berbagi tema penambahan bahan atau bergabung di seluruh amplop kerja 3D di bawah kendali otomatis. Peter Zelinski, pemimpin redaksi majalah *Additive Manufacturing*, menunjukkan pada tahun 2017 bahwa istilah tersebut masih sering identik dalam penggunaan biasa tetapi beberapa pakar industri manufaktur berusaha untuk membuat perbedaan di mana *Additive Manufacturing* terdiri dari pencetakan 3D dan lainnya teknologi atau aspek lain dari proses manufaktur.

Istilah "3D printer" awalnya mengacu pada proses yang menyimpan bahan pengikat ke *bed powder* dengan kepala printer *inkjet* lapis demi lapis. Baru-baru ini, vernakular populer telah mulai menggunakan istilah ini untuk mencakup berbagai teknik pembuatan aditif yang lebih luas seperti pembuatan aditif berkas elektron dan peleburan laser selektif. Amerika Serikat dan standar teknis global menggunakan istilah manufaktur aditif resmi untuk pengertian yang lebih luas ini.

Model 3D printer dapat dibuat dengan paket *computer-aided design* (CAD), melalui pemindai 3D, atau dengan kamera digital biasa dan perangkat lunak fotogrametri. Model cetakan 3D yang dibuat dengan CAD menghasilkan pengurangan kesalahan dan dapat diperbaiki sebelum dicetak, memungkinkan verifikasi dalam desain objek sebelum dicetak. Proses pemodelan manual mempersiapkan data geometris untuk grafik komputer 3D mirip dengan seni plastik seperti patung. Pemindaian 3D adalah proses mengumpulkan data digital pada bentuk dan tampilan objek nyata, membuat model digital berdasarkan itu.

Model CAD dapat disimpan dalam format file stereolithografi (STL), format file CAD de facto untuk pembuatan aditif yang menyimpan data berdasarkan triangulasi permukaan model CAD. STL tidak dirancang untuk pembuatan aditif karena menghasilkan ukuran file yang besar dari bagian topologi yang dioptimalkan dan struktur kisi karena banyaknya permukaan yang terlibat. Format file CAD yang lebih baru, format *Aditif Manufacture file* (AMF) diperkenalkan pada 2011 untuk menyelesaikan masalah ini. Ia menyimpan informasi menggunakan triangulasi lengkung.

2.4.1 Prinsip Dasar dan Cara Kerja Mesin 3D Printer

Kebutuhan mencetak tidak lagi sekedar di atas kertas. Kemajuan teknologi dapat mewujudkan apa yang ada di imajinasi ke dalam bentuk yang lebih nyata dan dapat dirasakan melalui sentuhan. Kehadiran 3D printer menjawab kebutuhan akan mencetak sebuah desain secara digital menjadi sebuah produk nyata. 3D printer adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume.

A. Prinsip Dasar Mesin 3D Printer

Pada dasarnya, cara kerja membuat cetakan 3 dimensi sama saja dengan printer *inkjet* konvensional dimana printer membuat *layer* atau lapisan-lapisan cetakan warna untuk membuat sebuah objek terlihat seperti seharusnya. Hanya saja pada 3D printer yang digunakan bukanlah tinta tetapi *plastic molten wax* dan material lainnya sehingga menjadi sebuah obyek yang diinginkan. Prinsip utama untuk pencetakan 3D printer yaitu membutuhkan data yang berbentuk 3 dimensi juga atau yang disebut dengan ‘data digital tiga dimensi’. Dalam dunia keteknikan biasa disebut dengan *Computer Aided Design* (CAD). CAD merupakan aplikasi yang mampu

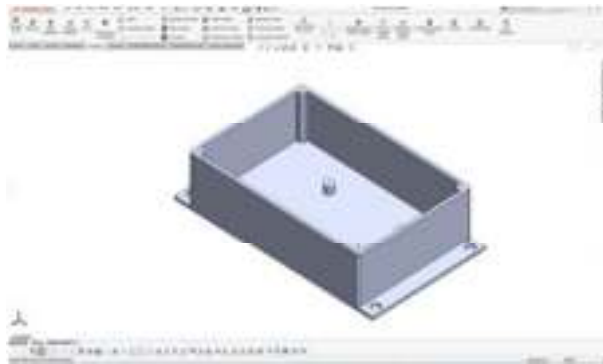
menampilkan data dalam 3 dimensi. Berbeda dengan teknologi seperti pada mesin *Computer Numerical Control* (CNC) yaitu *subtractive manufacturing*, 3D Printing menganut teknologi *additive manufacturing* dimana obyek terbangun dengan membentuk layer material, bukan membuang material seperti pada *laser cutting/milling machine*.

B. Cara Kerja Mesin 3D Printer

Berdasarkan Partner3d, 2015a ada 3 cara kerja mesin 3D printer secara umum yaitu:

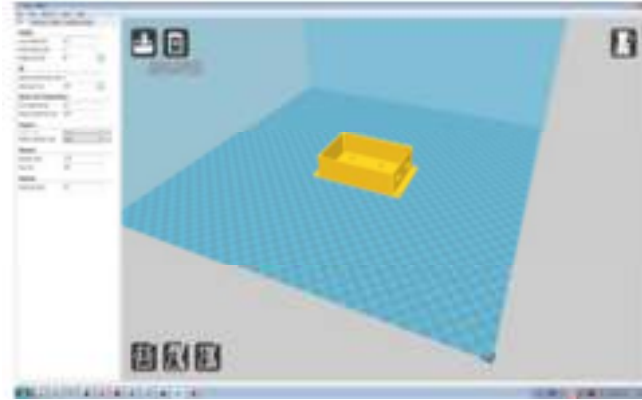
a) Model Objek 3D

Model Obyek 3D dapat dibuat dengan menggunakan software khusus untuk model desain 3D yang printernya mendukung contohnya seperti solidwork, catia, delcam dll.



Gambar 2.6 Model Objek 3D

Proses pemodelan objek 3D disimpan (*save*) dalam format STL. Semua aktivitas 3D Printing kebanyakan akan menggunakan STL file. STL file merupakan format 3D modelling yang membuat 3D Printer melakukan tugasnya dengan nyaman dan efektif untuk memotong objek dari *layer* pada saat print. Setelah disimpan dalam format STL, maka proses selanjutnya adalah *setting parameter print*. *Setting parameter print* dapat dilakukan menggunakan beberapa software *open source* yang terdapat di internet, salah satunya ialah software Cura.



Gambar 2.7 *Setting Parameter Print* dengan menggunakan software Cura

Pada tahap ini parameter print dapat ditentukan, seperti: ketebalan lapisan, ketebalan dinding, ketebalan alas bawah dan atas, kepadatan lapisan, kecepatan print, temperatur print, jenis support yang digunakan, diameter filament dan aliran filament. Output yang dihasilkan dari software Cura berupa file G-CODE yang kemudian dapat diproses oleh 3D printer.

b) *Proses Printing*

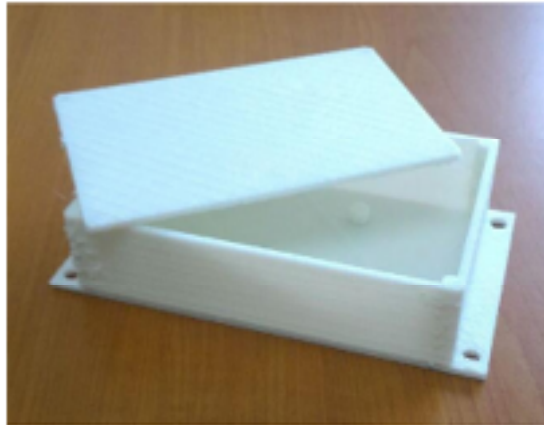
Apabila desain (GCODE) sudah dibuat maka dapat langsung ditransfer ke 3D printer. Kemudian proses pencetakan pun dimulai, lamanya proses pencetakan ini tergantung dari besar dan ukuran model. Proses printing menggunakan prinsip dasar *Additive Layer* dengan rangkaian proses mesin membaca rancangan 3D dan mulai menyusun lapisan secara berturut-turut untuk membangun model virtual digabungkan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yang utuh.



Gambar 2.8 *Proses Printing*

c) *Finishing*

Pada tahap ini anda dapat menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang bisa jadi disebabkan oleh *over sized* atau ukuran yang berbeda dari yang diinginkan. Teknik tambahan untuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan teknik *multiple material* atau material berbeda, *multiple color* atau kombinasi warna.



Gambar 2.9 Hasil print 3D printer

2.5 Format File STL Dalam Pencetakan 3 Dimensi

STL file adalah format file yang biasa digunakan untuk file dari objek tiga dimensi dan digunakan untuk menyimpan data dari suatu model 3D. Format file STL ini hanya mendeskripsikan geometri dari permukaan sebuah objek tiga dimensi tanpa representasi mengenai warna, tekstur atau atribut lain dari sebuah objek 3 dimensi. Format file STL biasanya dihasilkan oleh sebuah program CAD (*Computer-Aided Design*) dan merupakan hasil akhir dari suatu proses *3D modeling*.

Format file STL biasanya digunakan untuk pencetakan 3D, ketika digunakan dengan sebuah program *3D slicer*, memungkinkannya sebagai jembatan komunikasi antara komputer dengan perangkat printer 3D. Format file STL ini telah banyak diadopsi dan disupport oleh banyak software CAD dan saat ini telah banyak digunakan untuk keperluan *rapid prototyping*, pencetakan 3D dan manufaktur. Termasuk para *hobiist* dan profesional telah banyak yang menggunakannya.

2.6 Jenis-jenis filament

a) ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)

ABS merupakan bahan yang paling umum digunakan oleh mesin cetak 3 dimensi. Material ini adalah bahan yang digunakan untuk membuat blok-blok lego. ABS cenderung mudah digunakan untuk mencetak namun memiliki kecenderungan untuk menyusut dalam proses pendinginannya sehingga sedikit mempengaruhi hasil cetak. Ketika menggunakan ABS, alas cetak harus dipanaskan dan diberi perekat. Bahan ini relatif aman bagi manusia namun sedikit menghasilkan bau plastik ketika ABS dipanaskan.

b) PLA (Poly Lactic Acid)

PLA merupakan salah satu jenis plastik polimer yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai, seperti tepung jagung, tepung tapioka, atau olahan tebu. Karena terbuat dari bahan yang mudah terurai, PLA ramah lingkungan. Hal inilah yang membuat bahan ini semakin banyak mendapatkan popularitas. PLA dapat menghasilkan cetakan yang kuat dan sangat rapi.

c) HIPS (*High Impact Polystyrene*)

Sangat mirip dengan ABS perbedaan utama adalah bahwa HIPS dapat larut dalam larutan Limonene. Dapat juga untuk mencetak object 3D yang kompleks dengan kombinasi 3D filament lain, dimana HIPS sebagai bahan pendukung/support yang kemudian dapat dengan mudah dihilangkan dengan menempatkan hasil 3D Print di larutan D-Limonene oil. Ini adalah alternatif yang fantastis untuk pembersihan bahan pendukung/support.

d) PVA (Polyvinyl Alkohol)

Merupakan 3D filament printer yang larut dalam air. Fitur ini membuat filamen PVA sangat cocok sebagai bahan pendukung/support untuk 3D Print PLA yang kompleks.

e) *Flexible PLA*

Tidak berbahaya / beracun dan merupakan 3D Filament yang menghasilkan 3D *print* yang *flexible* dan elastis.

f) PETG (Glycol-modified PET)

PETG *filament* (Glycol-modified PET; Co polyesters) adalah senyawa plastik yang satu famili dengan PET (Polyethylene terephthalate). Memiliki penggabungan keunggulan dari senyawa plastik ABS dan PLA, serta memiliki warna yang bening/transparan dan kilap.

g) *Color Change By UV*

Color Change By UV filament merupakan 3D printer *filament* yang akan berubah warnanya bila terkena Sinar UV atau Sinar Matahari.

h) *Color Change By Temperature*

Color Change By Temperature filament merupakan 3D printer *filament* yang akan berubah warnanya bila terpapar / kontak dengan panas (dicelup air panas).

i) *Wood*

Wood filament adalah 3D printer filament yang memiliki kareteristik warna dan hasil seperti kayu.

j) *Bronze*

Bronze filament adalah 3D printer filament yang memiliki kareteristik warna & hasil mirip *Bronze*.

2.7 Software Solidworks

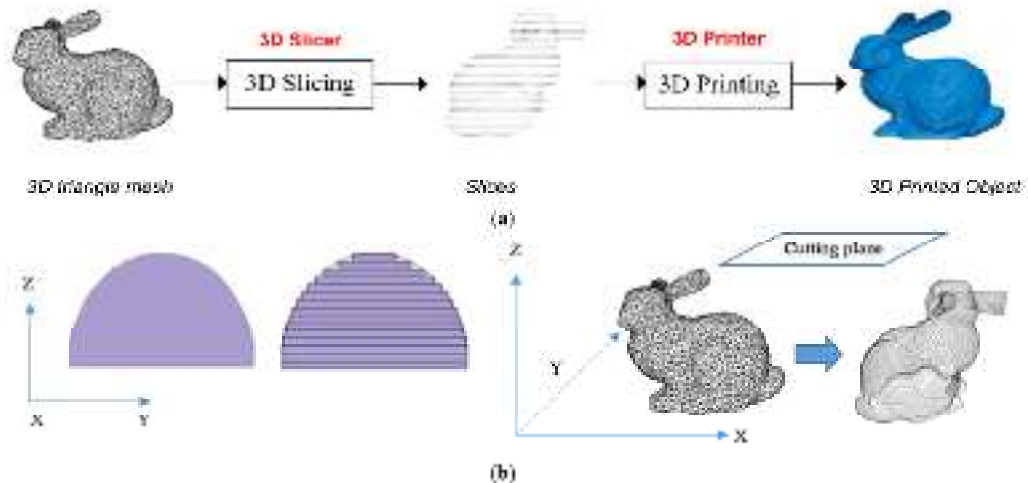
Sebagai software CAD, Solidworks dipercaya sebagai perangkat lunak untuk membantu proses desain suatu benda atau bangunan dengan mudah. Di Indonesia sendiri terdapat banyak perusahaan manufaktur yang mengimplementasikan perangkat lunak solidworks. Keunggulan solidworks dari software CAD lain adalah mampu menyediakan sketsa 2D yang dapat diupgrade menjadi bentuk 3D. Selain itu pemakaiannya pun mudah karena memang dirancang khusus untuk mendesai benda sederhana maupun yang rumit sekali pun. Inilah yang membuat solidworks menjadi populer dan menggeser ketenaran software CAD lainnya.

Solidworks dipakai banyak orang untuk membantu desain benda atau bangunan sederhana hingga yang kompleks. Solidworks banyak digunakan untuk merancang roda gigi, mesin mobil, *casing* ponsel dan lain-lain. Fitur yang tersedia dalam solidworks lebih *easy-to-use* dibanding dengan aplikasi CAD lainnya. Bagi mahasiswa yang sedang menempuh pendidikan di jurusan Teknik Sipil, Teknik Industri dan Teknik Mesin sangat disarankan untuk mempelajari

solidworks. Karena solidworks sangat sesuai dengan kebutuhan mahasiswa yang mengambil tiga jurusan tersebut dan yang paling utama proses penggunaan solidworks lebih cepat dibanding vendor-vendor software CAD lain yang lebih dulu hadir. Juga dapat melakukan simulasi pada desain yang telah buat dengan solidworks. Analisa kekuatan desain juga dapat dilakukan secara sederhana dengan solidworks. Dan yang paling penting, dapat membuat desain animasi menggunakan fitur yang telah disediakan solidworks.

2.8 Software *Slicer*

Slicer atau dalam bahasa Indonesia diterjemahkan menjadi perangkat lunak pemotong, adalah software komputer yang menjadi inti dari pemrosesan gambar menjadi perintah pergerakan mesin. Software *slicer* akan menerima file berbentuk STL dan OBJ (atau bisa disebut *file mesh* dengan koordinat titik spesifik) dan diproses sehingga menghasilkan perintah mesin berupa *G code*. Secara umum *G code* ini adalah kode yang digunakan untuk pergerakan 3D printer hingga CNC.



Gambar 2.10 Tahap *slicing* sampai tahap *printing*

Awalnya *slicer* akan merubah objek menjadi banyak tumpukan dari *layer* atau bagian, diikuti dengan perintah pergerakan dari *printer extruder* pada setiap layernya. I juga bisa memerintahkan dan mengontrol suhu *nozzle* dan suhu *bed*, pergerakan tarik ulur pada *extruder*. File ini dimasukkan semua di *G code* dan *G code* ini bisa dibaca oleh 3D printer.

Jadi pada dasarnya *slicer* adalah software control 3D printer. 3D printer hanya menerima kode /perintah dari *slicer* dan menterjemahkannya di pergerakan dan peningkatan suhu. 3D printer tidak mampu langsung menerima file 3D dalam bentuk STL, OBJ ataupun Dwg.

Slicer 3D printer yang ada di pasaran diantaranya:

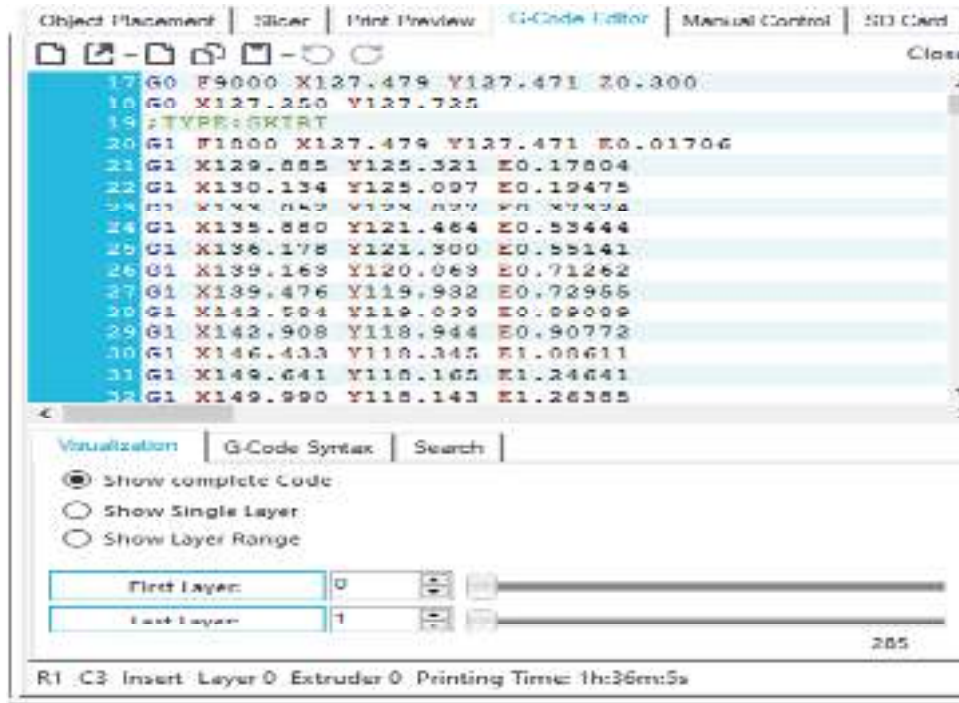
1. Ultimaker Cura
2. Simplify3D
3. Repetier Host

2.9 Program G-Code dan M- Code

2.9.1 G-Code

G-code adalah salah satu nama yang umum dalam bahasa pemrograman Numerical Control. Ini digunakan terutama dalam pembuatan dengan bantuan komputer untuk mengontrol peralatan mesin otomatis seperti CNC dan printer 3D. Setelah gambar yang dibuat di simpan dalam format STL serta selesai diedit di aplikasi slicing, maka cukup *slice* dan simpan file dengan format G-code yang akan digunakan untuk printer.

G-code adalah bahasa pemrograman printer 3D. Semua parameter dan pengaturan lain yang telah diubah akan dibaca *G-code*. Dengan menggunakan *G-code*, komputer memberi tahu dan memerintahkan printer kapan, di mana, bagaimana memindahkan, dan berapa banyak yang harus diekstrusi selama seluruh proses cetak. File STL akan diubah ke titik demi titik dan printer akan melewati titik-titik ini. *G-Code* adalah karya yang akan diterjemahkan oleh printer 3D.



Gambar 2.11 G-code

2.9.2 M-Code

M-code juga merupakan salah satu nama yang umum dalam bahasa pemrograman Numerical Control. M-code banyak digunakan dalam CNC. Selain itu, M-code juga ada digunakan dalam printer 3D.

2.9.3 Istilah-Istilah G-code dan M-code

1. G-code

Tabel 2.1 Istilah-istilah G-code

No.	Istilah	Penjelasan
1	G00	Pengeposisian bebas
2	G01	Interpolasi lurus
3	G02	Interpolasi melingkar searah jarum jam (CW)
4	G03	Interpolasi melingkar berlawanan arah jarum jam (CCW)

5	G04	Program berhenti pada waktu tertentu
6	G10	Data program dapat di-input
7	G15	Pembatalan perintah koordinat polar
8	G16	Perintah koordinat polar
9	G17	Interpolasi helical
10	G20	Konversi satuan inchi (british)
11	G21	Konversi satuan mm (metric)
12	G28	Pengembalian posisi referensi
13	G31	Perintah skip (melangkahi)
14	G33	Pembuatan ulir (<i>Threading cutting</i>)
15	G40	Cancel kompensasi cutter
16	G43, G44	Kompensasi panjang tool positif (G43), Negatif (G44)
17	G45	Menaikkan <i>offset tool</i>
18	G46	Menurunkan <i>offset tool</i>
19	G47	Menaikkan ganda <i>offset tool</i>
20	G48	Menurunkan ganda <i>offset tool</i>
21	G49	Pembatalan kompensasi panjang <i>tool</i>
22	G52	Penyatuan system koordinat local
23	G54, G55, G56, G57	Sistem koordinat <i>workpiece</i>
24	G60	Pengeposisian arah tunggal
25	G63	Pengerjaan <i>tapping</i> (ulir dalam)
26	G64	Pengerjaan pemotongan
27	G60	Menghitung putaran <i>tapping</i>
28	G74	Pengerjaan proses <i>canned cycle</i>
29	G76	Pembatalan pengerjaan siklus
30	G80	Pengoperasian eksternal atau putaran drilling
31	G81	Keliling <i>counter boring</i>
32	G82	<i>Peck drilling cycle</i>
33	G83	Pengerjaan <i>keliling Tapping</i>

34	G84	Pengerjaan <i>keliling boring</i>
35	G85	Perintah system koordinat <i>absolute</i>
36	G90	Perintah system koordinat <i>incremental</i>
37	G91	Penentuan asutan pemakanan dalam (inchi/menit)
38	G94	Kecepatan potong permukaan konstan
39	G95	Penentuan asutan pemakanan dalam (inchi/putaran)
40	G96	Kembali ke titik initial di sebuah siklus
41	G99	Kembali ke titik R di sebuah siklus

2. M-Code

Tabel 2.2 Istilah-istilah M-code

No.	Istilah	Penjelasan
1	M00	Pengeposisian bebas
2	M01	Interpolasi lurus
3	M02	Interpolasi melingkar searah jarum jam (CW)
4	M03	Interpolasi melingkar berlawanan arah jarum jam (CCW)
5	M04	Program berhenti pada waktu tertentu
6	M05	Data program dapat di-input
7	M06	Pembatalan perintah koordinat polar
8	M07	Perintah koordinat polar
9	M08	Interpolasi <i>helical</i>
10	M09	Konversi satuan <i>inchi</i> (british)

11	M10	Konversi satuan mm (metric)
12	M11	Pengembalian posisi referensi
13	M19	Perintah skip (melangkahi)
14	M23	Pembuatan ulir (<i>Threading cutting</i>)
15	M24	Cancel kompensasi <i>cutter</i>
16	M29	Kompensasi panjang <i>tool</i> positif (G43), Negatif (G44)
17	M30	Menaikkan <i>offset tool</i>
18	M48	Menurunkan <i>offset tool</i>
19	M50	Menaikkan ganda <i>offset tool</i>
20	M52	Menurunkan ganda <i>offset tool</i>
21	M53	Pembatalan kompensasi panjang <i>tool</i>
22	G54	Penyatuan system koordinat local
23	M80	Sistem koordinat <i>workpiece</i>
24	M81	Pengeposisian arah tunggal
25	M90	Pengerjaan <i>tapping</i> (ulir dalam)
26	M91	Pengerjaan pemotongan
27	M98	Menghitung putaran <i>Tapping</i>
28	M99	Pengerjaan proses <i>canned cycle</i>
29	M104, M107, M190	Sering digunakan dalam printer 3D

2.10 Kekasaran Permukaan

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses pemesinan akan mengalami kekasaran permukaan. Yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan. Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda, Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan (R_a) $0,025 \mu$ dan yang paling tinggi N12 yang nilai kekasarannya 50μ .

2.10.1 Permukaan

Permukaan adalah suatu titik yang membatasi antara sebuah benda padat dengan lingkungan sekitarnya. Jika ditinjau dengan skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan sebuah produk juga merupakan suatu karakteristik geometrik yang dalam hal ini termasuk golongan mikrogeometri. Permukaan produk yang secara keseluruhan membuat rupa atau bentuk adalah termasuk golongan makrogeometri. Sebagai contoh yang termasuk dalam golongan makrogeometri adalah poros, lubang, sisi dan sebagainya.

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin/peralatan. Hal ini karena karakteristik permukaan dari sebuah komponen mesin sangat erat kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan dan sebagainya. Maka dalam proses pembuatan sebuah komponen karakteristik permukaan yang di kehendaki harus dapat dipenuhi. Seperti halnya pada toleransi ukuran, bentuk, dan posisi, karakteristik permukaan harus dapat diterjemahkan kedalam gambar teknik supaya kemauan perancang dapat dipenuhi. Oleh sebab itu, orang berusaha membuat berbagai definisi atas berbagai parameter guna menandai/ mengidentifikasi konfigurasi suatu permukaan. Dinamakan parameter sebab definisi tersebut harus bisa di ukur dengan besaran/ unit tertentu yang mungkin harus dilakukan dengan memakai alat ukur khusus yang dirancang untuk keperluan tersebut.

2.10.2 Permukaan dan Profil

Ketidak-sempurnaan alat ukur dan cara pengukuran maupun cara evaluasi hasil pengukuran maka suatu permukaan sesungguhnya (*real surface*) tidaklah dapat dibuat tiruan/ duplikatnya secara sempurna. Tiruan permukaan hasil pengukuran hanya bisa mendekati bentuk/ konfigurasi permukaan sesungguhnya dengan kata lain dapat disebut permukaan terukur (*measured surface*). Karena dalam pembuatan sebuah komponen dapat terjadi penyimpangan maka permukaan geometri ideal (*geometrically ideal surface*), yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna tidak lah dapat dibuat. Dalam prakteknya, seorang perancang akan menuliskan syarat permukaan pada gambar teknik. Suatu permukaan yang disyaratkan pada gambar teknik ini disebut sebagai permukaan nominal (*nominal surface*).

Kesulitan dalam mengukur dan menyatakan besaran yang diukur dari suatu permukaan secara tiga dimensi maka dilakukan pembatasan. Permukaan hanya dipandang sebagai penampang

permukaan yang dipotong (yang ditinjau relative terhadap permukaan dengan *geometric ideal*) secara tegak lurus (normal), serong (oblique), atau singgung (tangensial).

Ketidak-teraturan konfigurasi suatu permukaan bila ditinjau dari profilnya dapat di uraikan menjadi beberapa tingkat, seperti yang dapat dilihat pada Tabel yang terlihat pada Gambar 2.12.

Tingkat	Profil teoritik bentuk profil hasil pemotongan	Kondisi	Contoh kamungkinan penyebabnya
1		Kesalahan bentuk (Geometris)	Kesalahan tutangan antara pemotongan mesin dengan alat potong serta, juga letak mata potong pemotongnya benda kerja
2		Debu yang terdapat	Kesalahan bentuk permukaan, kesalahan pengaturan perkakas, getaran dalam proses pemotongan
3		AUR (Arus) terdapat	Jawa bekas pemotongan bentuk ulang dapat rusak akibat
4		Serutan (Bekas)	Proses pemotongan dengan ketidaktepatan mata potong pemotong, ketidaktepatan sudut mata potong pemotongnya
5			Kerusakan alat potong yang tidak terawat Terdapat benda 4

Gambar 2.12 Tabel ketidak-teraturan suatu profil

Permukaan merupakan suatu titik yang memisahkan antara suatu benda dengan sekelilingnya. Bentuk dari permukaan suatu benda memegang peranan penting dalam melakukan perancangan sebuah benda. Karena permukaan suatu benda berkaitan dengan gesekan, keausan, pelumasan dan lain sebagainya. Dalam merancang sebuah benda salah satu hal penting yang juga perlu di perhatikan adalah kekerasan permukaannya,. Kekerasan permukaan sebuah produk tidak harus memiliki nilai yang kecil atau halus, tetapi terkadang sebuah produk memerlukan nilai kekasaran permukaan yang besar sesuai dengan fungsinya. Namun terkadang dalam praktek di lapangan, di dapati nilai kekasaran permukaan dari sebuah produk tidak sesuai dengan yang di harapkan.

Hal-hal yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan sebuah produk tidak sesuai dengan yang di harapkan, di karenakan oleh beberapa faktor seperti, pemilihan mata pahat yang kurang tepat atau pahat yang digunakan sudah aus sehingga berpengaruh pada kemampuan pahat tersebut untuk memotong. Selain itu, kesalahan proses atau tahapan yang dilakukan dalam proses

pemesinan untuk membentuk atau membuat sebuah produk juga sangat berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan sebuah benda.

Tingkat pertama merupakan ketidak teraturan makrogeometri. Tingkat kedua yang disebut dengan gelombang (*Waviness*) merupakan ketidak teraturan yang periodic dengan panjang gelombang yang jelas lebih besar dari kedalamannya (amplitudonya). Tingkat ketiga atau alur (*grooves*) serta tingkat keempat yang disebut dengan serpihan (*Flakes*). Kedua-duanya lebih dikenal dengan kekasaran (*roughness*). Dalam banyak hal ke empat tingkatan ketidak teraturan konfigurasi suatu permukaan jarang ditemukan secara terpisah/ tersendiri melainkan kombinasi beberapa tingkat ketidak teraturan tersebut.

2.10.3 Parameter kekasaran permukaan

Memproduksi profil suatu permukaan, sensor/ peraba (*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (*traversing length*). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel. Pada Gambar 2.12 ditunjukkan bentuk profil sesungguhnya dengan beberapa keterangan lain, seperti :

1. Profil *geometric* ideal adalah garis permukaan sempurna yang dapat berupa garis lurus, lengkung atau busur.
2. Profil terukur adalah garis permukaan yang terukur.
3. Profil referensi/ puncak/ acuan merupan garis yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa ketidak teraturan bentuk permukaan.

Profil alas adalah garis yang berada dibawah yang menyinggung terdalam.

Gambar 2.13 Bentuk Profil kekasaran permukaan

2.10.4 Penulisan Kekasaran Permukaan Pada Gambar Teknik

Gambar teknik kekasaran permukaan biasanya dilambangkan dengan simbol yang berupa segitiga sama sisi dengan salah satu ujungnya menempel pada permukaan. Pada segitiga ini juga terdapat beberapa angka dan symbol yang memiliki beberapa arti yang terlihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.14 Lambang kekasaran permukaan

Angka yang ada pada symbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik (Ra). Nilai Ra telah dikelompokkan menjadi 12 kelas kekasaran sebagaimana terlihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.3 Angka Kekasaran Permukaan

No	ISO Number	Mean Raughness (Ra ; μm)	Keterangan
1	N12	50.0	- Sangat Kasar

2	N11	25.0	
3	N10	12.5	- Kasar
4	N9	6.3	
5	N8	3.2	- Normal
6	N7	1.6	
7	N6	0.8	
8	N5	0.4	- Halus
9	N4	0.2	
10	N3	0.1	- Sangat halus
11	N2	0.05	
12	N1	0.025	

2.10.5 Alat Ukur Kekasaran Permukaan

Alat ukur kekasaran permukaan yang digunakan adalah *sureface roughness tester*, alat ini dapat digunakan untuk mengamati ataupun mengukur kekasaran permukaan dengan standar ISO. Beberapa data yang dapat di tunjukkan oleh alat uji kekasaran permukaan ini adalah nilai parameter-parameter dari kekasaran permukaan dan grafik kekasaran permukaannya. Alat ukur kekasaran permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.15.

Cara kerja dari alat ukur kekasaran permukaan ini adalah dengan meletakkan sensor yang dipasangkan pada alat tersebut, selanjutnya sejajarkan alat ukur permukaan tersebut dengan bidang material yang akan di uji. Pada saat pengerjaannya, alat ukur ini tidak boleh bergerak karena akan mengganggu sensor dalam membaca kekasaran dari permukaan material tersebut.



Gambar 2.15 *Sureface roughness tester*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk merancang dan pembuatan prototipe Kotak Relay adalah sebagai berikut.

1. Filamen PLA
2. Arus Listrik
3. Kotak Relay

Filamen

Filamen adalah bahan yang akan diekstrusi melalui nosel yang berfungsi sebagai bahan untuk membuat produk. Filamen akan dipanaskan dengan sistem pemanas yang kemudian berubah menjadi bahan semi-padat. PLA merupakan salah satu jenis plastik polimer yang terbuat dari bahan-bahan yang dapat terurai, seperti tepung jagung, tepung tapioka, atau olahan tebu. Karena terbuat dari bahan yang mudah terurai, PLA ramah lingkungan. PLA dapat menghasilkan cetakan yang kuat dan sangat rapi. Proses pembentukan objek tiga dimensi yang digunakan dalam proses FDM adalah lapis demi lapis. Bahan filamen yang diekstrusi akan mengeras dengan cepat setelah melewati *nozzle*. Ketebalan lapisan (*layer high*) berkisar antara 0,1-0,5 mm atau menyesuaikan dengan diameter *nozzle*. Untuk lebar lapisan (lebar ekstrusi) berkisar antara 0,2 mm - 0,1 mm tergantung pada diameter nosel dan ketebalan lapisan. *Hözl et al., 2016 menyatakan* Viskositas filamen/tinta dapat berkisar dari 0,030 Pa hingga 6×10^4 Pa untuk sistem berbasis ekstrusi tergantung saat diekstrusi dan tidak diekstrusi.

Spesifikasi filamen PLA

- print temperature: $180^{\circ}\text{C} - 230^{\circ}\text{C}$
- print bed temperature: $20^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$

3.2 Peralatan Yang Digunakan Untuk Pembuatan Prototipe

1. Komputer atau Laptop

Berfungsi untuk menggambar objek yang dirancang.

2. Mesin 3D *printing*

Berfungsi untuk mencetak objek yang digambar

3. Gunting

Berfungsi untuk memotong filamen

4. Kertas Pasir

Berfungsi untuk pengamplasan

5. Mistar dan Jangka Sorong

Berfungsi untuk alat ukur benda yang ingin digambar

3.3 Lokasi dan Lamanya

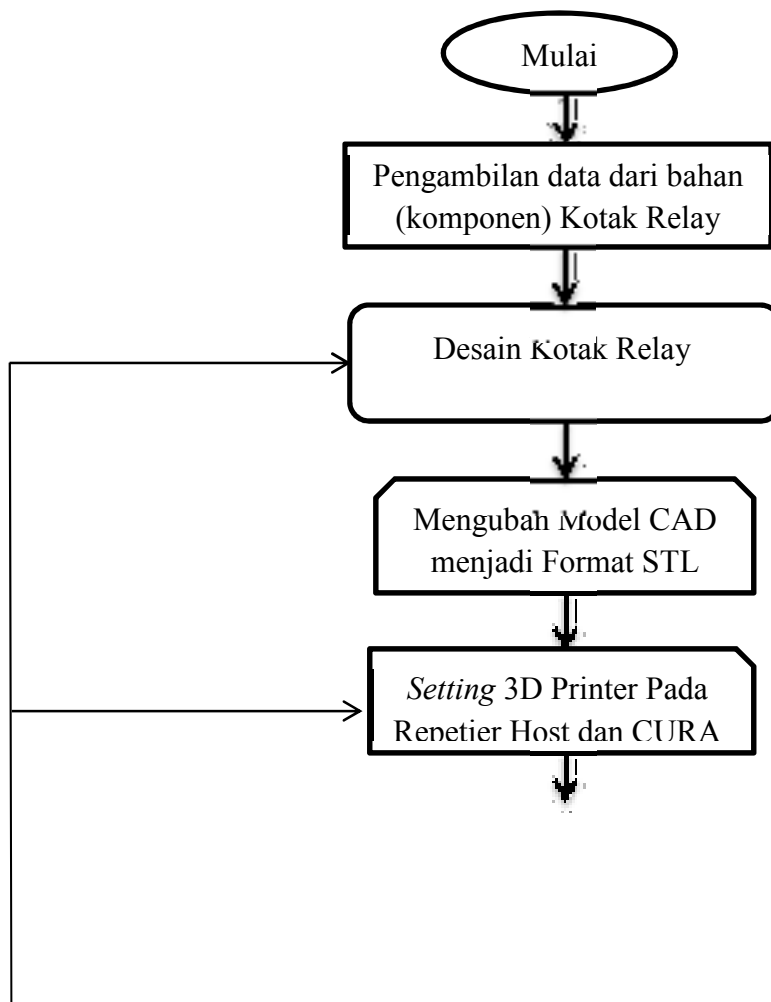
1. Waktu

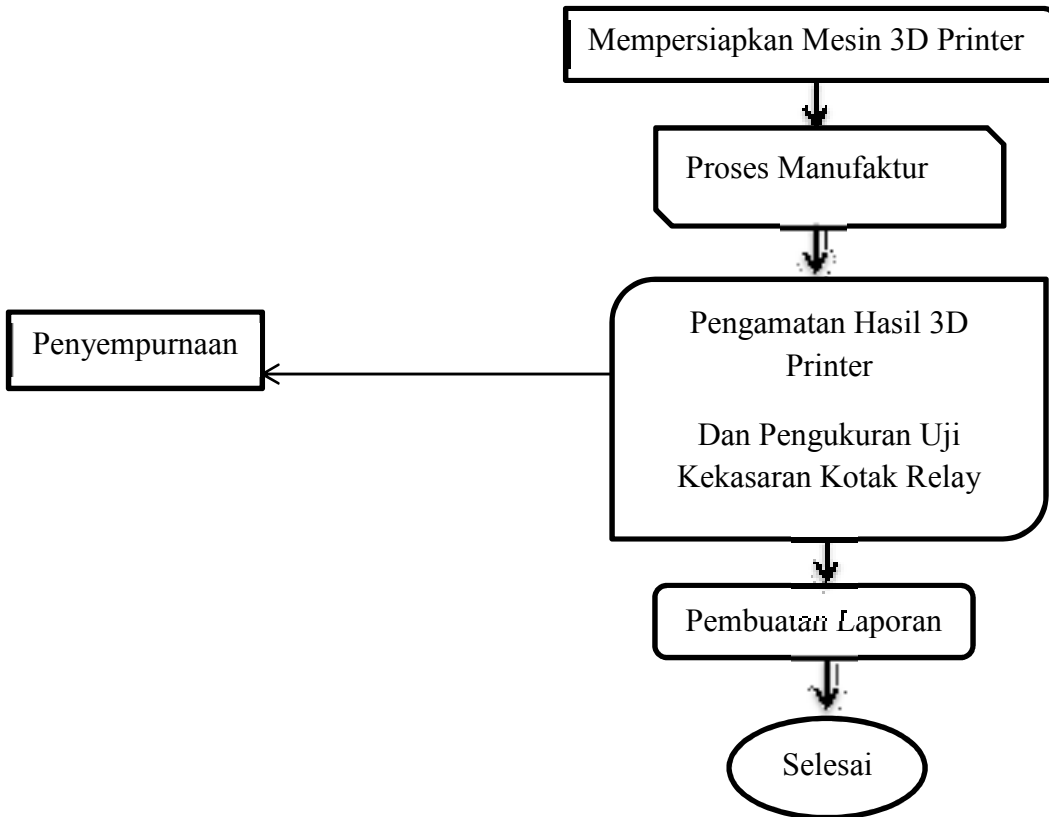
Lamanya pembuatan dan pengambilan data di perkirakan selama 2 bulan.

2. Tempat

Lokasi pembuatan prototipe kotak relay yang dilakukan di Universitas HKBP Nommensen Medan yang bertempat di jalan Sutomo No.4A Medan.

3.4 Diagram Alir





3.5 Prototipe yang Dirancang

1. Kotak Relay

3.6 Spesifikasi Printer 3D yang Digunakan

- | | |
|--------------------------------------|----------------------|
| 1. Nama merek | : Anet |
| 2. Filamen | : PLA / ABS / TPU |
| 3. Tegangan | : 110-220 V |
| 4. Diameter <i>nozzle</i> | : 0.4 mm |
| 5. Kecepatan percetakan | : 60-120 mm/s |
| 6. <i>Printing technology</i> | : FDM |
| 7. <i>Printer size</i> | : 300 x 300 x 350 mm |
| 8. Format file | : STL, OBJ, JPG |
| 9. Temperatur maksimum <i>nozzle</i> | : 250 °C |
| 10. Temperatur maksimum plate | : 100 °C |
| 11. Bahasa | : <i>English</i> |

3.7 Data Spesifikasi Speda Motor

- | | |
|--------------|--|
| - Tipe Mesin | : Motor 4 langkah, 4 <i>valve</i> DOHC, <i>liquid cooled</i> |
|--------------|--|

- Jumlah/posisi silinder : *Single cilinder*
- Diameter X langlah : 57,3 mm x 57,8 mm
- Perbandingan Kompresi : 11,3 ; 1
- Daya : 12,4 Kw/9000 rpm
- Torsi : 13,8 Nm/9000 rpm
- Strarter : *Electric, Kick Starter*
- Sistem pelumasan : Basah
- Kapasitas oli mesin : 1 L : Berkala = 1 L
- Sistem Pembakaran : PGM-FI
- Tipe Kopling : Multiple Wet Clutch Coil Spiring
- Pengoperasian Transmisi : 1-N-2-3-4-5-6

3.8 Gambar Komponen Perancangan

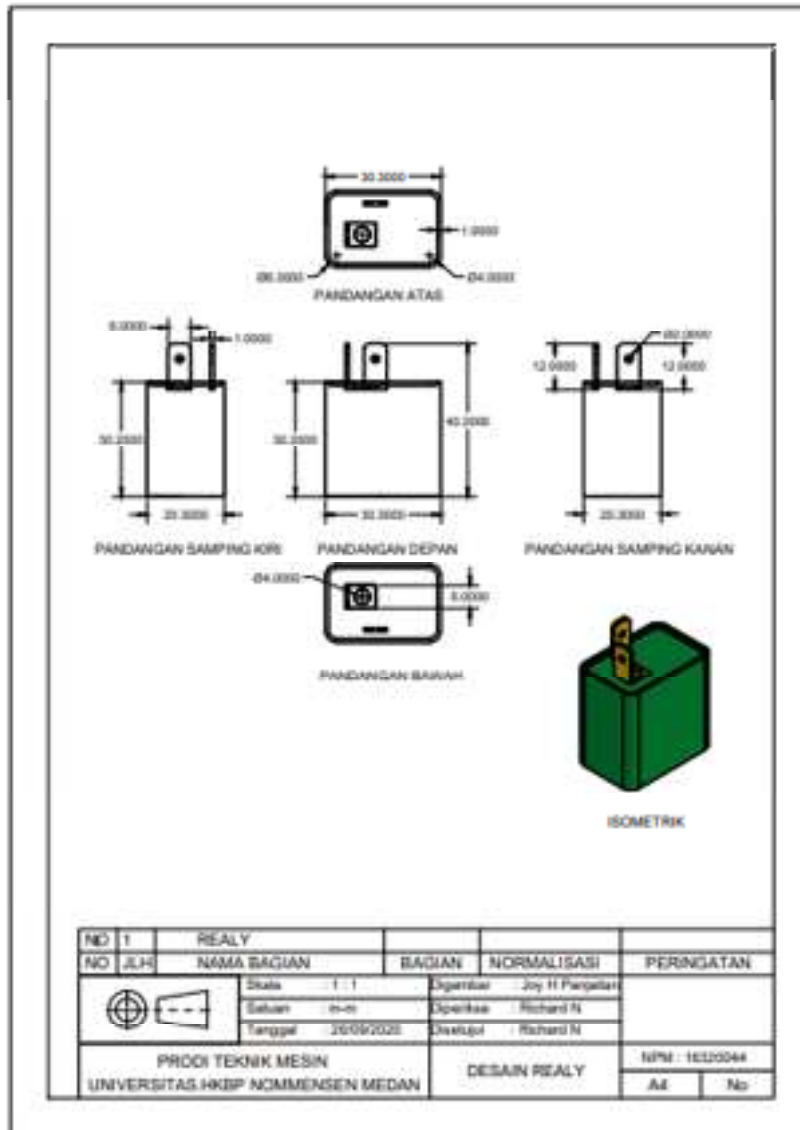
Dalam penelitian ini, komponen yang digambar mengikuti ukuran dan dimensi kotak relay yang telah jadi.



Gambar 3.1 Kotak Relay

3.9 Perancangan Kotak Relay

Rancangan Kotak Relay juga dilakukan dengan mengukur ulang dimensi dari Kotak Relay yang dibeli dipasaran dan diukur ulang serta digambar dengan menggunakan software autocad atau solidwork.



Gambar 3.2 Gambar Teknik Kotak Relay

3.10 Finishing

Pembersihan *support* dan *adhesion type* dapat menggunakan gunting filamen, pisau dan kertas pasir.



Gambar 3.3 Gunting filamen

Gunting yang digunakan merupakan gunting yang khusus untuk filamen. Selain digunakan untuk memotong filamen gunting ini juga digunakan untuk membersihkan *support* dan *adhesion type* dari produk.



Gambar 3.4 Pisau

Pisau pada gambar 3.4 merupakan pisau yang digunakan untuk membersihkan produk setelah selesai diprint.



Gambar 3.5 Kertas pasir

Kertas pasir untuk pengamplasan produk akibat *support* yang masih lengket pada produk.