

DESAIN DASAR MESIN *INJECTION MOLDING* UNTUK PROSES CASTING SAMPEL PROPELAN PADAT MENGGUNAKAN *SOLIDWORKS*

Basic Design of Injection Molding Machine for Solid Propellant Sample Casting Process Using Solidworks Software

Ady Febriyanto^{1*}, Nurul Iman Supardi¹, Yulia Azatil ismah²

1) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu,
Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu

2) Pusat Riset Teknologi Roket – BRIN,
Jl. Raya Lapan No. 2, Mekar Sari Rumpin, Kabupaten Bogor, Jawa Barat

*¹ E-mail: adyfebriyanto0@gmail.com

ABSTRACT

The injection molding machine for the solid propellant sample casting process is a tool for making a sample in the form of a solid propellant sample plate, this tool is designed to make work easier when carrying out the process of making solid propellant samples. The needs of the propellant industry in Indonesia are very large and important considering the need to develop solid propellant samples and munitions for the national arsenal, namely to promote and facilitate the exchange of technical information and programs. itself consists of two molds with sizes, namely 25cm diameter, 10cm high and 17cm diameter, 5cm high, frame, cember, hydraulic. The most important component in solid propellant sample injection molding is the solid propellant sample mold. Therefore, it must be strong and sturdy to hold the solid propellant sample so that it does not come out during printing with hydraulic pressure. The manufacture of solid propellant injection molding was assisted with Solidworks Software in this research.

Keyword: Injection molding, Rocket, Propellant,

1. PENDAHULUAN

Pusat Riset Teknologi Roket (PRTR) memiliki kewajiban untuk mengembangkan dan meneliti teknologi roket dengan pembagian tugas ada 4 (empat) bidang utama yaitu bidang teknologi struktur dan mekanik [1]. Bidang teknologi propelan bertugas melakukan riset yang bertujuan untuk pengembangan bahan bakar roket serta melakukan kegiatan penelitian persenjataan yang berhubungan dengan misil dan bahan bakar. Pengembangan teknologi pengembangan di Indonesia hanya dilakukan di PRTR [2]. Bidang teknologi propelan memiliki misi untuk membuat sebuah propelan atau bahan bakar yang lebih efisien agar roket yang dibuat dapat bekerja dengan efisien dan maksimal.

Menurut Kementerian Pertahanan RI, kebutuhan propelan di Indonesia sangat besar sehingga tim PRTR khususnya di bidang teknologi propelan harus bekerja lebih maksimal dalam memproduksi [3]. Saat ini proses produksi propelan hanya dapat dilakukan dengan mesin yang berkapasitas besar hingga kebutuhan untuk riset dan pengembangan teknologi propelan mengalami kendala dalam proses produksi. Selain itu membutuhkan biaya yang besarpada proses produksi propelan dengan menggunakan mesin yang besar.

Mesin injection molding adalah peralatan industri yang digunakan untuk memproduksi komponen plastik dengan cara menyuntikkan plastik cair ke dalam cetakan yang telah dibuat dengan presisi tinggi. Proses ini sering digunakan untuk memproduksi berbagai macam produk plastik, mulai dari komponen elektronik, mainan, hingga bagian-bagian mobil [4].

Propelan padat untuk roket adalah bahan bakar yang digunakan dalam roket untuk menghasilkan dorongan. Berbeda dengan propelan cair, yang terdiri dari campuran bahan bakar cair dan oksidator cair, propelan padat adalah campuran bahan bakar dan oksidator yang dicampurkan dan dipadatkan menjadi bentuk padat. Proses pembuatan propelan padat melibatkan pencampuran bahan bakar dan oksidator dalam bentuk bubuk atau cair, kemudian dicetak atau dipadatkan dalam bentuk tertentu (biasanya silinder atau bentuk lainnya) dan dipadatkan dengan tekanan tinggi. Proses ini juga memerlukan pengendalian ketat untuk memastikan campuran memiliki sifat pembakaran yang diinginkan dan stabilitas yang tinggi [5].

Oleh sebab itu perlu dilakukan perancangan alat pencetak propelan dengan skala kecil serta tidak mengurangi kualitas propelan. Penelitian ini untuk mendapatkan sebuah rancangan alat pencetak propelan skala riset dengan standar internasional. Maka dari itu penelitian ini membahas mengenai desain dasar mesin *injection molding* untuk proses *casting* sampel menggunakan *software Solidworks*.

2. METODOLOGI

2.1 Jenis Jenis Propelan

Propelan adalah material yang jika dibakar menghasilkan molekul gas dalam jumlah besar dan temperatur yang sangat tinggi selama pembakaran berlangsung. Material ini mempunyai energi besar, dan dapat meledak sehingga banyak digunakan untuk senjata api, bahan peledak dan roket. Pada teknologi antariksa, propelan digunakan sebagai bahan bakar dan salah satu sistem propulsi dari wahana antariksa. Dalam penerapannya, propelan lebih banyak digunakan dan dikenal pada teknologi roket, untuk keperluan militer yang membawa hulu ledak maupun roket pendorong satelit [6]. Secara umum pada proses pembakaran diperlukan api, bahan bakar dan oksigen. Keberadaan propelan memberikan solusi akan kebutuhan sumber energi yang mampu digunakan pada ruang hampa udara karena tidak membutuhkan oksigen. Kebutuhan oksigen sebagai salah satu komponen pembakaran digantikan dengan oxidizer.

2.1.1 Propelan Cair

Propelan cair atau propelan fluida adalah propelan berbentuk cair, perkembangan terakhir propelan ini banyak digunakan pada roket-roket terbaru. Keunggulan propelan cair adalah thrust yang dihasilkan dapat diatur atau throttleable dan memiliki impuls spesifik relatif besar. Beberapa kekurangan antara lain biaya produksi yang cukup mahal, resiko peledakan saat proses pembuatan dan cara penyimpanan yang lebih sulit. Propelan cair mengandung beberapa komposisi antara lain oxidizer dan fuel. Propelan roket cair pada hakekatnya sama seperti bahan bakar pesawat terbang, namun kebutuhan oksigen dipenuhi dari oxidizer sendiri yang dibawa dalam bentuk cair [2].

2.1.2 Propelan Padat

Propelan padat adalah propelan yang berbentuk padat atau propelan non fluida. Kelebihan propelan jenis ini adalah lebih mudah untuk disimpan, dan kekurangannya adalah *unthrottleable* atau besar kecilnya *thrust* yang dihasilkan tidak mampu diatur, dan memiliki *impuls* spesifik lebih kecil dibanding propelan cair [1]. Propelan padat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Propelan Padat [3]

Uji karakterisasi yang dilakukan terhadap sampel meliputi pengujian viskositas, densitas, bilangan n hidroksil, dan indeks bias. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Hydroxy Terminated Polybutadiene* (HTPB)

NO	Karakteristik HTPB	Standar	Hasil eksperimen			
			2018	2016	Hamwa	Lapan
1	Viskositas (cP)	500 cP	5088	5885	5626	2461
2	Densitas (kg/m ³)	920 kg/m ³	903,6	902,5	903,8	916,1
3	Indeks biasa	-	1,512	1,512	1,513	1,511
4	Bilangan OH (g/cm ³)	45 kg/cm ³	40,42	48,77	24,58	35,38

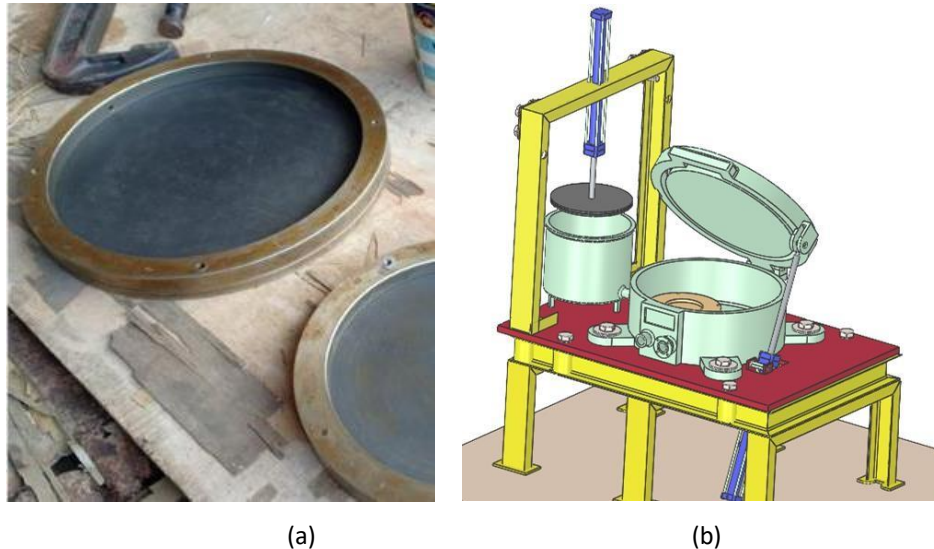
Data dari Tabel 1 Kemudian digunakan untuk mencari parameter yang mempengaruhi nilai Isp. Data diolah menggunakan software statistik SPSS hingga menghasilkan data parameter yang dimaksud. Hasil perhitungan diperoleh nilai parameter densitas yang paling besar pengaruhnya terhadap nilai impuls spesifik. Salah satu cara meningkatkan nilai impuls adalah dengan meningkatkan masa propelan. Cara mendapatkan masa propelan yang tinggi dapat ditunjang dengan meningkatkan rapat masa propelan dalam ruang geometris komposit. Jika dikaitkan dengan propelan padat komposit yang tersusun dari AP/HTPB/Al, maka peningkatan masa propelan dilakukan dengan meningkatkan nilai solid loading density pada butiran AP dan fuel dalam binder [5].

2.2 Perangkat Percobaan

Perangkat percobaan yang dilakukan sebelum simulasi pada desain dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat meliputi antara lain:

A. Desain dasar mesin *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat

Menggunakan *Software Solidworks* ini merupakan hasil yang telah diukur pada bagian desain *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat saat ini dilakukan dengan manual dan *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat setelah didesain ulang. Dapat dilihat pada Gambar 2. Desain dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. (a) Proses *Casting* Sampel Propelan Pada Saat Ini
(b) Proses *Casting* Sampel Propelan Pada Setelah Didesain ulang

B. Material desain dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat

Material yang digunakan pada simulasi ini adalah material yang berbeda-beda, pertama pada kerangka saat ini menggunakan material stainless steel tipe 304 memiliki kekuatan sebesar 515 MPa.

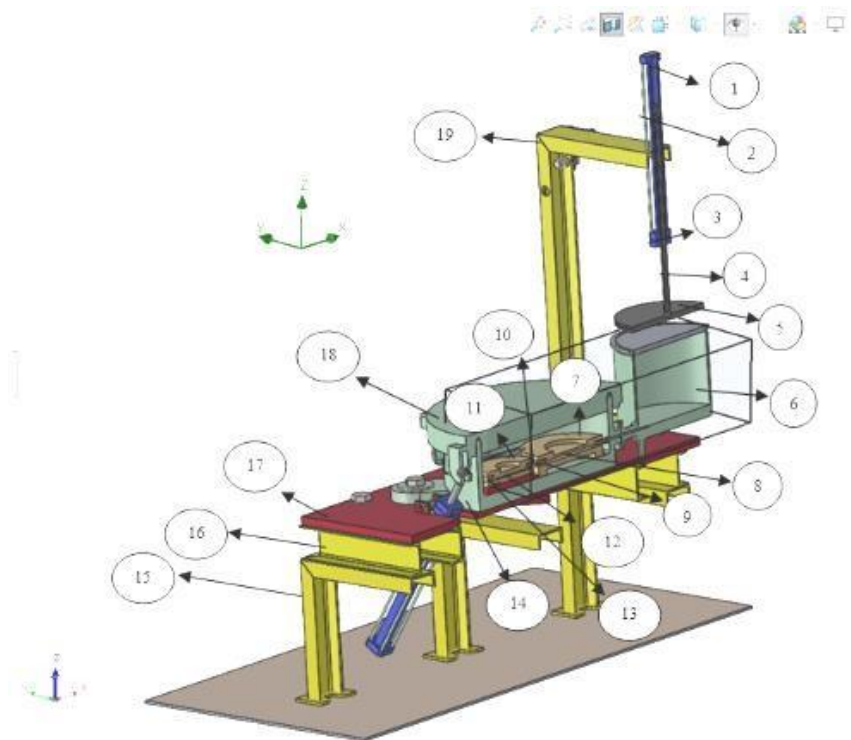
2.3 Prosedur proses simulasi desain dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat

Penyelesaian simulasi menggunakan *solidworks simulation* dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai kriteria kegagalan dari struktur desain dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat. Langkah-langkah menjalankan simulasi antara lain:

A. Pre Processing

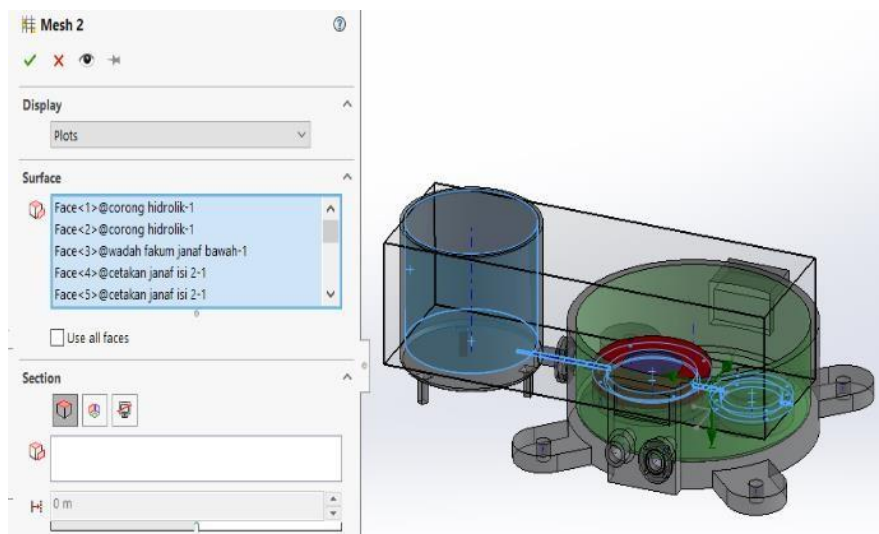
Merupakan tahapan awal proses penyelesaian simulasi pembebanan dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat yang meliputi proses pembuatan 3D model, menentukan jenis material, kemudian dilanjutkan dengan *meshing*.

1. Proses pembuatan Geometri dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat. Geometri dasar *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat dibuat menggunakan *software computer aided design* (CAD) *solidworks* 2019. Geometri desain dibuat dalam satu bagian tanpa menggunakan fitur *assembly*.
2. Menentukan Jenis Material. Jenis material yang digunakan dalam pembuatan *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat ini yang pertama pada *casting* cetakan sampel propelan padat. Setelah didesain ulang menggunakan material stainless steel tipe 304.
3. *Meshing*. Proses *meshing* dilakukan untuk membagi struktur ke elemen-elemen yang kecil, seperti terlihat pada Gambar 4.
4. Proses *Meshing*. Proses *meshing* dilakukan untuk membagi struktur ke elemen-elemen yang lebih kecil. Proses *meshing* dilakukan dengan ukuran elemen maksimum sebesar 5 mm dan ukuran elemen minimum 1 mm. Pembatasan dilakukan untuk menghemat waktu dalam proses komputerisasi dan tetap memperhitungkan kualitas dari proses analisa yang akan dilakukan.



No	Keterangan	No	Keterangan
1	Tabung hidrolik	11	Tutup atas casting 17cm
2	Pengikat hidroliik	12	Tengah casting 17cm
3	Tutup hidrolik	13	Tutup bawah casting 17cm
4	As hidrolik	14	Chember
5	Pressing plate	15	Kaki meja
6	Hopper	16	Kerangka Alas meja
7	Tutup atas casting 25cm	17	Alas meja
8	Tengah casting 25 cm	18	Tutup chember
9	Tutup bawah casting 25cm	19	Tiang atas
10	Sambungan		

Gambar 3. Desain-dasar *injection molding* untuk proses casting sampel propelan padat



Gambar 4. Meshing

B. Post Processing

Post processing merupakan proses simulasi dari penyelesaian yang menampilkan hasil simulasi dari *injection molding* untuk proses *casting* sampel propelan padat. Hasil simulasi dari *post processing* berupa nilai tegangan *von mises*, deformasi (*displacement*), serta *safety factor* dari stik mandril roket RX-100.

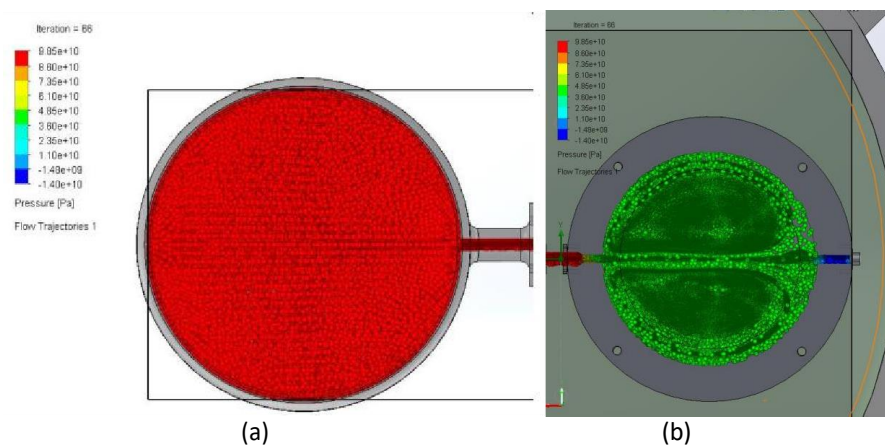
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi Aliran *Injection Molding* Untuk Proses *Casting* Sampel Propelan Padat Saat Ini

Hasil dari setelah dilakukannya simulasi aliran *injection molding* ini dengan jenis material *slurry* kemudian mendapatkan nilai *pressure* dan nilai *meshing* sebagai berikut:

3.1.1 Nilai *Pressure*

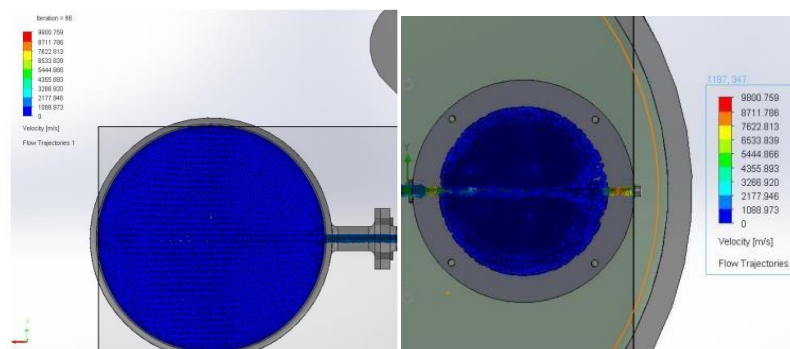
Nilai *pressure* simulasi yang dilakukan mendapatkan nilai masuk dan nilai keluar yang berbeda saat proses *molding* dilakukan dan mendapatkan nilai masuk $9,85 \times 10$ pa dan mendapatkan nilai yang keluar yaitu $1,40 \times 10$ pa pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) Nilai Tekanan Masuk ; (b) Nilai Tekanan Keluar

3.2.2 *Velocity*

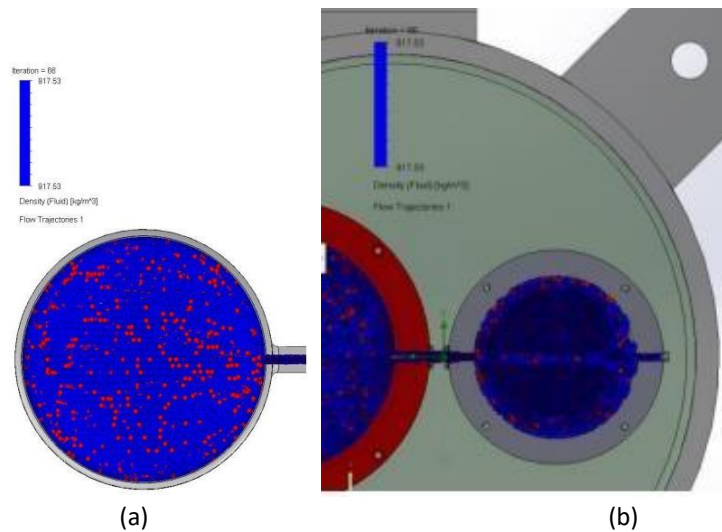
Velocity adalah mengukur kecepatan dan arah dari suatu objek atau fluida proses *molding* dilakukan, memberikan informasi tentang relatif terhadap waktu. Dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. (a) Nilai *Velocity* Masuk ; (b) Nilai *Velocity* Keluar

Density adalah pada simulasi *injection molding* untuk sampel propelan padat ini mendapatkan nilai sebesar $917,53 \text{ kg/m}^3$ saat proses *molding* dilakukan . Dapat dilihat pada Gambar 7. Pada proses desain dasar *injection molding* sampel *casting propelan* padat dengan menggunakan *software solidworks*. Dalam proses simulasi ini terdapat komponen yang dilakukan simulasi, pertama *injection molding* sampel *casting propelan* padat dengan menggunakan material *stainless steel 304*. Simulasi kedua yaitu ceteloh didesain ulang, besar distribusi tegangan pada nilai *pressure* simulasi yang dilakukan mendapatkan nilai masuk dan nilai keluar yang berbeda yang mendapatkan nilai masuk $9,997 \times 10$ pa dan mendapatkan nilai yang keluar yaitu $1,66 \times 10$ pa. Pada *injection molding* sampel *casting propelan* padat saat ini menggunakan material *stainless steel 304*, material ini memiliki kelebihan seperti ketahanan korosi, kekuatan dan daya tahan, mudah

dibersihkan, dapat didaur ulang, minim perawatan. Pada material *stainless steel* 304 ini juga memiliki kekurangan seperti biaya yang cukup mahal, konduktivitas termal yang rendah, sulit dilas, dan juga kekuatan tarik yang tidak begitu tinggi.



Gambar 7. (a) Nilai *Density* masuk
(b) Nilai *Density* keluar

4 KESIMPULAN

1. Proses simulasi pada *injection molding* sampel *casting propelan* padat terdiri dari proses pembuatan geometri desain *injection molding* sampel *casting propelan* padat dengan menggunakan *software solidworks* kemudian menentukan jenis material yang digunakan, lalu melakukan proses simulasi aliran *injection molding* sampel *casting propelan* padat, dan dilakukan *meshing* dan melakukan proses *pressure, velocity, density*.
2. Pada proses melakukan simulasi *injection molding* sampel *casting propelan* padat besar. Pada simulasi aliran pada *pressure* didapatkan hasil nilai masuk $9,85 \times 10^5$ pa dan nilai keluar $1,40 \times 10^5$ pa. Pada simulasi *velocity* nilai masuk yaitu sebesar 0 mm/s dan nilai keluar sebesar 6533,839 mm/s dan nilai *density* nilai masuk dan nilai keluar sebesar $917,53 \text{ kg/m}^3$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susanto A, Hajar L, Abdillah, M. **2014**. Propelan Dan Teknologi Pembuatannya. Sekolah Tinggi Teknologi Adisucipto dan Pustekroket.
- [2] [https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Roket pertama dibuat diTiongkok, dengan tujuan perang maupun damai](https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Roket%20pertama%20dibuat%20diTiongkok,%20dengan%20tujuan%20perang%20maupun%20damai) (diakses 20 Agustus 2023).
- [3] Sutrisno. Proses Produksi Propelan Rx 550 Menuju Terwujudnya Roket Pengorbit Satelit (RPS).
- [4] Chaturvedi S, Dave PN. **2019**. Solid propellants: AP/HTPB composite propellants. *Arabian Journal of Chemistry*: 12(8): 2061-2068.
- [5] Yulianto I, Rispianda, Prasetyo H. **2014**. Rancangan Desain Mold Produk Knob Regulator Kompor Gas Pada Proses Injection Molding. *Jurnal Reka Integra*: 2(3): 140-151.
- [6] Hartman KO, Morrow S. **2003**. *Encyclopedia of Physical Science and Technology: Solid Propellants*. Third Edition. 277-293
- [7] Wibowo HB. **2018**. Pengembangan Dan Pemilihan Teknik Analisis Berat Molekul Htpb Untuk Acuan Dalam Kontrol Kualitas (*Molecular Weight Analysis Development And Selection Of Htpb For Requirements In Quality Control*). Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional (LAPAN) (9 Januari 2018).
- [8] Al-Jauhari A. **2021**. Buku Pelatihan *Solidworks*. 44(1): 1-6.