

Analisis Pengaruh Temperatur dan Durasi *Preheat* Terhadap Cacat Produk pada Mesin *Injection Molding Manual*

¹⁾Apriawan Nur Huda, ^{2)*}Ignatius Aris Hendaryanto, ³⁾Benidiktus Tulung Prayoga ⁴⁾Agustinus Winarno

^{1,2,3,4)}Departemen Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

*Email: aris.hendaryanto@ugm.ac.id

Diterima: 11 Juli 2023, Disetujui: 28 September 2024, Diterbitkan: 06 Oktober 2024

ABSTRACT

Plastic objects are widely used and found in all places, from food packaging, household appliances, and electronic devices to vehicles. Generally, plastic is used as a substitute for glass, wood, and metal. Over time, the use of plastic has become an environmental issue. To address the problem of plastic waste, the government has introduced the 3R (Reduce, Reuse, and Recycle) initiative. One of the easily used tools in the recycling process is the injection molding machine. This process often results in product defects such as Short Shot, Flow Mark, and Sink Mark. The temperature in the injection process affects the melting point of the plastic and can influence various aspects of the manufacturing process and the final quality of plastic products. The heating duration affects the viscosity of the plastic material to be injected. The research conducted is experimental, and several tests were performed to determine the effect of temperature variation and preheat duration of the injection molding machine on product quality. Simulation results show that the higher the temperature used, the greater the resulting sink marks. The test results indicate that improper temperature and preheat duration usage will affect the occurrence of product defects. A temperature that is too low can result in high pressure during the injection process, preventing the material from filling the cavity maximally. Preheat duration and temperature are critical factors in the plastic manufacturing process, affecting melting points, flow quality, dimensional stability, and the mechanical properties of the final product. Proper control of heating duration, temperature, and other process conditions is essential to produce high-quality, defect-free plastic products.

Keywords: Injection Molding, Preheat, Temperature

ABSTRAK

Benda plastik banyak digunakan dan jumpai disemua tempat, mulai dari bungkus makanan, peralatan rumah tangga, peralatan elektronik bahkan pada kendaraan. Plastik secara umum digunakan sebagai bahan pengganti kaca, kayu dan logam. Seiring dengan berjalannya waktu, penggunaan plastik ini menjadi masalah bagi lingkungan, untuk mengatasi permasalahan sampah plastik tersebut, pemerintah memberikan solusi yaitu dengan gerakan 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) Peralatan yang mudah digunakan dalam proses *recycle* yaitu dengan mesin *injection molding*. Proses tersebut sering terjadi cacat produk seperti cacat *Short Shot, Flow Mark* dan *Sink Mark*. Temperatur dalam proses penginjeksian berpengaruh terhadap titik leleh plastik dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dari proses manufaktur dan kualitas akhir produk plastik. Durasi pemanasan mempengaruhi viskositas dari material plastik yang akan diinjeksikan. Penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental dengan melakukan beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan durasi *preheat* mesin *injection molding* terhadap kualitas produk. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur yang digunakan *sink marks* yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hasil dari pengujian Penggunaan temperatur serta durasi *preheat* yang tidak tepat akan mempengaruhi terjadinya cacat produk. Temperatur yang terlalu rendah dapat mengakibatkan penekanan pada proses injeksi menjadi terasa berat yang mengakibatkan material tidak dapat memenuhi rongga dengan maksimal. Durasi *preheat* dan temperatur adalah faktor kritis dalam proses manufaktur plastik yang mempengaruhi titik leleh, kualitas aliran, stabilitas dimensi, dan sifat mekanik produk akhir. Pengendalian yang tepat terhadap durasi pemanasan, bersama dengan suhu dan kondisi proses lainnya, sangat penting untuk menghasilkan produk plastik berkualitas tinggi tanpa cacat.

Kata Kunci: Injeksi Molding, Preheat, Temperatur.

I. Pendahuluan

Benda plastik sering kita gunakan dan jumpai, mulai dari bungkus makanan, peralatan rumah tangga, peralatan elektronik bahkan pada kendaraan. Bahan plastik secara umum digunakan sebagai bahan pengganti kaca, kayu dan logam. Hal ini dikarenakan plastik dipilih karena memiliki sifat ringan, kuat, tahan lama serta harganya terjangkau. Perusahaan yang memproduksi produk dengan bahan plastik biasanya melakukan pencampuran bahan plastik dengan material lain agar kualitas produk meningkat. (Arjun, 2021). Banyak sekali jenis plastik yang sering kita jumpai di sekitar kita yaitu HDPE (*High Density Polyethylene*), PET (*Polyethylene terephthalate*), PP (*polypropylene*) dan masih banyak lainnya.

Seiring dengan berjalannya waktu, penggunaan plastik ini menjadi masalah bagi lingkungan. Plastik yang setiap hari digunakan akan menimbulkan sampah atau limbah. Sampah plastik yang terus-menerus meningkat akan menimbulkan efek negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Plastik memiliki sifat yang sangat sulit terurai, hal ini lah yang menyebabkan sampah plastik dapat mencemari lingkungan yang diakibatkan partikel-partikel plastik masuk ke tanah. Pembuangan plastik ke dalam air dan tanah telah menambah tingkat kesengsaraan alam (Tuhurmury, dkk. 2012).

Untuk mengatasi permasalahan sampah yang terus meningkat ini, pemerintah telah memberikan solusi yaitu dengan gerakan 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*). *Reduce* yaitu mengurangi, *reuse* yaitu memanfaatkan kembali dan *recycle* yaitu mendaur ulang. Penerapan dari gerakan 3 R ini masih terbilang sangat kurang maksimal dikarenakan untuk melakukan gerakan 3 R ini diperlukan kesadaran dari masyarakat yang tinggi, selain dari faktor kesadaran hambatan yang terjadi yaitu karena kurangnya peralatan atau mesin untuk melakukan *recycle*.

Peralatan atau mesin yang mudah digunakan dalam proses *recycle* yaitu dengan mesin *injection molding*. Mesin *injection molding* adalah mesin untuk proses produksi produk berbahan baku dari plastik. Mesin ini sangat efektif dan efisien dalam pengolahan

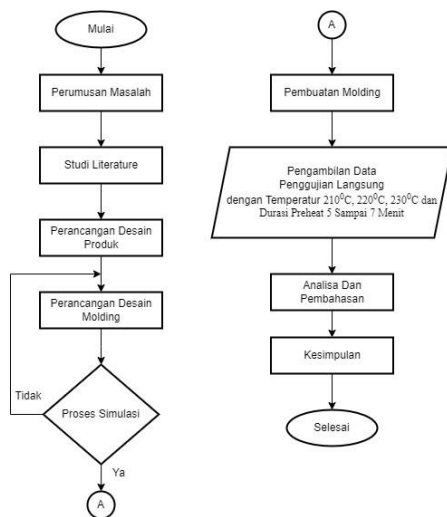
bahan plastik dikarenakan mesin ini mampu memproduksi dalam jumlah banyak serta efisien dalam biaya serta tenaga. Namun pada umumnya mesin injeksi memiliki kapasitas yang sangat besar sehingga kurang cocok digunakan di TPS (Tempat Pembuangan Sementara) yang melakukan produksi sedikit serta daya listrik yang kecil. Sehingga untuk membantu proses *recycle* di TPS diperlukan mesin *injection molding* yang kecil dan manual. Proses *recycle* yang dilakukan di TPS yaitu mengubah atau memanfaatkan plastik jenis HDPE menjadi produk yang bisa digunakan kembali, produk yang dihasilkan adalah produk *carabiner*.

Mesin *injection molding* tersebut yang nantinya akan membantu proses daur ulang limbah plastik di TPS. Proses daur ulang yang menggunakan mesin *injection molding* manual ini masih kurang maksimal dan masih terdapat cacat pada produk. Proses tersebut sering kali terjadi cacat produk seperti pengerutan, retak, dimensi tidak sesuai, kerusakan pada saat produk keluar *mold*, sehingga banyak material yang terbuang percuma (Anggono, 2015). Cacat produk yang sering ditemui yaitu cacat *Short Shot*, *Flow Mark* dan *Sink Mark*.

Cacat produk ini dikarenakan belum ditemukannya parameter yang tepat untuk pengoperasian dari mesin tersebut. Temperatur dalam proses penginjeksian berpengaruh terhadap titik leleh plastik dan dapat mempengaruhi berbagai aspek dari proses manufaktur dan kualitas akhir produk plastik. Selain temperatur, durasi pemanasan juga mempengaruhi viskositas dari material plastik yang akan diinjeksikan, material plastik yang mencapai viskositas dengan tepat untuk aliran yang optimal dalam proses *injection molding* atau *extrusion* memastikan pengisian cetakan yang merata dan mengurangi risiko cacat. Durasi pemanasan adalah faktor kritis dalam proses manufaktur plastik yang mempengaruhi titik leleh, kualitas aliran, stabilitas dimensi, dan sifat mekanik produk akhir. Penggunaan parameter yang tepat dalam proses injeksi *molding* sangat penting untuk menghasilkan produk plastik berkualitas tinggi tanpa cacat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh temperatur dan durasi *preheat* mesin *injection molding* manual terhadap produk yang dihasilkan.

II. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian *eksperimental* dengan melakukan beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur injeksi dengan kualitas produk yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan di PT INASTEK (Inamas Sintesis Teknologi) dengan menggunakan bahan limbah plastik jenis *High Density Polyethylene (HDPE)* yang dicacah menggunakan mesin *shredder* yang kemudian dilakukan proses injeksi molding. Adapun tahapan dalam penelitian ini dijelaskan pada gambar diagram alir penelitian seperti terlihat pada Gambar 1.



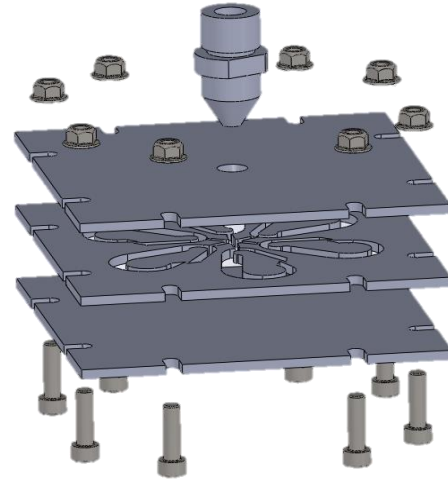
Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari perumusan masalah yang ditemukan pada proses injeksi *molding* di perusahaan yang bertujuan untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam proses injeksi *molding*. Langkah selanjutnya yaitu pengumpulan referensi serta dilanjutkan pembuatan produk yang akan digunakan dalam proses injeksi *molding*. Produk yang digunakan dalam proses penelitian ini seperti gambar 2.



Gambar 2. Produk molding

Adapun desain *molding* yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan *molding* yang terdiri dari tiga buah plat baja dengan ketebalan 5mm.



Gambar 3. Desain molding

Menentukan variasi temperatur serta durasi *preheat* yang digunakan dalam proses injeksi *molding*, temperatur yang digunakan dalam pengujian ini adalah 210°C, 220°C dan 230°C, serta menggunakan durasi *preheat* 5 menit dan 7 menit. Langkah-langkah pengoperasian mesin injeksi *molding* Memasukkan material pada *hopper* setelah temperatur mesin injeksi *molding* menunjukkan temperatur yang telah ditentukan. Menghitung durasi *preheat* setelah material dimasukkan ke dalam *hopper*, menghitung durasi dengan menggunakan *timer* Melakukan *flushing* setiap selesai dilakukan penginjeksian. Bertujuan untuk menghilangkan atau membersihkan sisa material yang masih ada didalam *barrel*.

III. Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini dipaparkan data hasil simulasi injeksi *molding* menggunakan *software*, dan hasil pengambilan data dari pengujian alat *molding* injeksi dengan memvariasikan temperatur dan durasi *preheat*. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan urutan sebagai berikut:

1. Hasil simulasi menggunakan *software solidworks*.
2. Hasil pengambilan data pengujian menggunakan mesin injeksi *molding* manual.

Tabel 1. Data Hasil Simulasi

Temperatur (°C)	Fill Time (Sec)		Pressure At End Of Fill (MPa)	
	Min	Max	Min	Max
210	0,0021	4,88	0,1	2,4
220	0,0021	4,42	0,1	2,4
230	0,0021	3,98	0,1	2,4

1. Fill Time

Fill time dalam injeksi *molding* adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi seluruh bagian cetakan dengan material plastik.

2. Pressure at End of Fill

Pressure at end of fill dalam injeksi *molding* adalah suatu parameter yang menunjukkan tekanan yang terjadi pada akhir proses injeksi material plastik ke dalam cetakan.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Temperatur °C	Preheat (Menit)	Pressure (MPa)	Fill Time (Sec)
210	5	2,3	12,80
210	7	2,3	11,57
220	5	2,3	11,08
220	7	2,3	10,30
230	5	2,3	9,32
230	7	2,3	7,22

Preheat dalam proses injeksi *molding* adalah proses pemanasan sebelum plastik cair dialirkan ke dalam cetakan. *Preheat* dilakukan untuk meningkatkan temperatur plastik sehingga proses alir plastik kedalam cetakan menjadi mudah. Mengurangi waktu siklus pada saat pendinginan plastik didalam cetakan, meningkatkan kualitas produk dari terhindarnya cacat pada permukaan produk. Temperatur dalam proses *preheat* sangat berpengaruh pada kualitas produk yang dihasilkan.

Berikut adalah produk hasil dari proses injeksi *molding*:

Tabel 3. Produk Hasil Pengujian

Hasil Produk	Hasil Analisa Produk
	Produk terdapat cacat Short Shot
	Produk terdapat cacat Short Shot
	Produk terdapat cacat Short Shot
	Produk terdapat Sink Marks namun tidak terlalu terlihat.
	Produk terdapat Sink Marks namun tidak terlalu terlihat
	Produk terdapat Sink Marks yang cukup ekstrim dan produk mengalami perubahan warna.

Analisa Hasil Simulasi dan Hasil Pengujian

Hasil yang didapatkan pada proses pengujian tingkat temperatur dan durasi *preheat* berpengaruh pada proses injeksi serta produk yang dihasilkan. Penggunaan

temperatur serta durasi *preheat* yang tidak tepat akan mempengaruhi terjadinya cacat produk. Temperatur yang terlalu rendah dapat mengakibatkan penekanan pada proses injeksi menjadi terasa berat yang mengakibatkan material tidak dapat memenuhi rongga dengan maksimal. Selain itu, penggunaan temperatur dan durasi *preheat* yang terlalu tinggi mengakibatkan material terlalu cair sehingga mengakibatkan laju alirannya menjadi terlalu cepat. Adapun berapa pengaruh temperatur serta durasi *preheat* pada proses injeksi adalah:

1. Stabilitas Termal

- a. Waktu pemanasan yang terlalu singkat tidak memungkinkan material mencapai titik lelehnya sepenuhnya. Ini dapat menyebabkan plastik tidak sepenuhnya meleleh, menghasilkan produk dengan ikatan molekuler yang lemah dan kualitas mekanis yang buruk.
- b. Waktu pemanasan yang lebih lama memungkinkan material untuk mencapai dan mempertahankan suhu leleh lebih stabil. Ini memungkinkan waktu yang cukup untuk plastik meleleh secara merata dan membentuk ikatan molekuler yang kuat saat didinginkan.

2. Degradasi Termal

Meskipun durasi pemanasan yang cukup diperlukan untuk mencapai titik leleh, pemanasan yang terlalu lama pada suhu tinggi dapat menyebabkan degradasi termal. Degradasi ini dapat mengubah struktur kimia plastik, mengurangi kekuatan material, mengubah warna, dan menghasilkan produk yang rapuh.

3. Viskositas dan Aliran Material

Durasi pemanasan yang cukup memungkinkan plastik mencapai viskositas yang tepat untuk aliran yang optimal dalam proses seperti injection molding atau extrusion. Ini memastikan pengisian cetakan yang merata dan mengurangi risiko cacat.

4. Proses Pengerasan dan Pelunakan

Pendinginan yang terlalu cepat dapat menyebabkan tegangan sisa pada material, yang bisa mengakibatkan retak atau cacat internal. Selain itu, suhu yang terlalu tinggi selama proses pengerjaan bisa mengubah struktur mikro material, menyebabkan

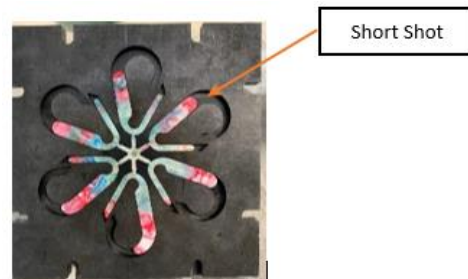
penurunan sifat mekanik seperti kekuatan dan kekerasan.

Durasi pemanasan (*preheat*) dan temperatur adalah faktor kritis dalam proses manufaktur plastik yang mempengaruhi titik leleh, kualitas aliran, stabilitas dimensi, dan sifat mekanik produk akhir. Pengendalian yang tepat terhadap durasi pemanasan, bersama dengan suhu dan kondisi proses lainnya, sangat penting untuk menghasilkan produk plastik berkualitas tinggi tanpa cacat.

Cacat Short Shot

Cacat *short shot* adalah cacat produk yang disebabkan karena pengisian dari material plastik yang tidak sempurna ke dalam cetakan (*mold*). Hasil dari pengujian terdapat beberapa produk yang mengalami cacat *short shot*. Hal ini diakibatkan karena cairan material plastik yang mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi rongga cetakan. Pengerasan plastik ini diakibatkan oleh beberapa faktor antaralain:

1. Temperatur dan durasi pemanasan material yang digunakan dalam proses injeksi terlalu rendah, sehingga mengakibatkan cairan viskositas dari material plastik bisa mengalir dengan sempurna dan mengeras.
2. Penekanan saat melakukan penginjeksian lemah atau masih kurang, sehingga penekanan aliran material tidak sampai memenuhi seluruh rongga cetakan. Kondisi *plunger* belum sampai pada titik mati bawah.
3. Temperature *molding* yang kurang panas, sehingga mengakibatkan material mengeras akibat terjadi pendinginan yang terlalu cepat



Gambar 3. Cacat Short Shot

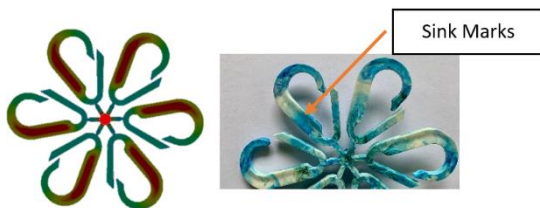
Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah meningkatkan temperatur serta durasi pemanasan (*preheat*) untuk memastikan

material plastik meleleh dengan sempurna dan dapat mencapai viskositasnya.

Cacat Sink Mark

Cacat *sink mark* adalah cacat yang ditandai dengan terjadinya cekungan pada permukaan produk. Cacat produk ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain:

1. Temperatur yang digunakan untuk proses injeksi terlalu tinggi, sehingga mengakibatkan cairan dari material mengalir dengan cepat.
2. Tekanan penginjeksian terlalu rendah yang mengakibatkan penekanan cairan material tidak dapat memenuhi cetakan dengan maksimal.
3. Tidak dilakukannya *hold* atau penahanan *barrel* setelah melakukan penginjeksian.
4. Terlalu cepat dalam pembukaan *molding*, yang mengakibatkan pendinginan dari produk kurang.



Gambar 4. Cacat sink mark

Solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah mencoba menurunkan temperatur ataupun durasi *preheat* guna untuk mendapatkan viskositas dari material plastik yang tepat. Selain itu perlunya dilakukan *hold* setelah penekanan injeksi serta pembukaan dari *molding* jangan terlalu terburu-buru agar produk tidak terjadi penyusutan.

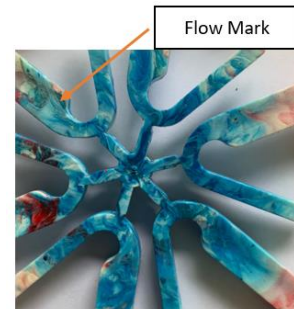
Cacat Flow Mark

Cacat *flow mark* adalah cacat produk yang ditandai dengan adanya bekas aliran material di permukaan produk. Cacat *flow marks* diakibatkan karena aliran material yang di injeksikan kedalam cetakan (*mold*) tidak sempurna. Faktor yang mempengaruhi terjadinya cacat *flow mark* antara lain adalah:

1. Penekanan pada saat proses injeksi tidak konstan, yang mengakibatkan material cair tidak bisa melaju dengan sempurna.
2. Temperatur yang digunakan untuk memanaskan material terlalu rendah,

sehingga mengakibatkan laju aliran menjadi terhambat karena ada material yang mengeras terlebih dahulu.

3. Temperatur *molding* yang kurang panas, sehingga mengakibatkan material mengeras akibat terjadi pendinginan yang terlalu cepat.



Gambar 5. Cacat Flow Mark

Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah meningkatkan temperatur serta durasi pemanasan (*preheat*) untuk memastikan material plastik meleleh dengan sempurna dan dapat mencapai viskositasnya serta penekanan pada saat penginjeksian dibuat konstan.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperature dan durasi *preheat* terhadap cacat produk pada mesin injeksi molding manual diperoleh kesimpulan penelitian sebagai berikut:

Temperatur serta durasi pemanasan (*preheat*) dalam proses molding injeksi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produk yang dihasilkan. Penggunaan temperatur yang tepat dalam proses produksi injeksi molding dapat meminimalisir terjadinya cacat pada produk, serta memudahkan dalam proses produksi. Penggunaan durasi pemanasan (*preheat*) yang tepat dalam proses produksi injeksi molding dapat meminimalisir terjadinya cacat pada produk, serta memudahkan dalam proses produksi serta dapat menjaga warna produk.

Daftar Pustaka

- Adhianto, R., Krismawanto, T., Hakim, A. R., & Komara, A. I. (2017). *Studi Rancang Bangun Mesin Benchtop Injection Molding Sebagai Alternatif Pengolahan*

- Limbah Botol Plastik*. In *Conference: Seminar Nasional Pengkajian dan Penerapan Teknologi III, Universitas Mercubuana*.
- Alfar, M. D., Yunus, M. A. A. H., & Amal, M. I. (2020). *Rancang Bangun Mesin Injeksi Plastik dengan Sistem Penekan Pneumatik* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).
- Arjun, R. (2021). *Perancangan Mesin Plastic Injection Molding Prototype Menggunakan Software Solidworks*.
- Anggono, A. D. (2015). *Prediksi Shrinkage Untuk Menghindari Cacat Produk Pada Plastic Injection*. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 6(2).
- AZIZ, K. F. (2019). *Pengaruh Holding Time dan Mold Temperature Terhadap Cacat Warpage pada Proses Pembuatan Komposit AL-PP dengan Injection Molding*.
- Budiyantoro, C., & Sosiati, H. (2017). *Komparasi Parameter Injeksi Optimum Pada Hdpe Recycled Dan Virgin Material*. *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 1(1), 11-20.
- Ikhsan, M., Fitriah, M. A., & Prawira, S. (2023). *STUDI EKSPERIMENTAL PENINGKATAN TEMPERATUR TERHADAP HASIL INJEKSI MOLDING PLASTIK PE, PP, DAN HDPE*. *Jurnal Tematis (Teknologi, Manufaktur dan Industri)*, 4(2), 1-12.
- INJEKSI, O. R. M. C., & ILHAM, M. TUGAS SARJANA KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR.
- Karuniastuti, N. (2013). *Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan*. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 3(1).
- Muttaqin, A. Z., Hardiatama, I., Arbiantara, H., & Djumhariyanto, D. (2022). *Pengaruh Holding Time Dan Mold Temperature Terhadap Cacat Warpage Pada Proses Komposit Al-Pp Dengan Injection Molding*. *Stator: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(2), 69-73.
- Ramadhan, F. H. (2023). *Perancangan Konstruksi Mesin Injeksi Plastik Moulding* (Doctoral dissertation, Universitas Diponegoro).
- Riyanto, A., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2021). *Analisis Sifat Fisik Daur Ulang Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene*. *Momentum*, 17(2).
- Rizkika, F., Fathur, R., & Setiawan, S. (2018). *RANCANG BANGUN MESIN INJEKSI MINI PENGOLAHAN LIMBAH CANGKIR PLASTIK* (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).