



Rancang Bangun Cetakan Botol Ukuran 30 ml Model Blow Pada Mesin Injection Molding

Design of 30 ml Blow Model Bottle Mold on Injection Molding Machine

Martua Sangap Siagian, Dadan Ramdan, & Bobby Umroh

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

Saat ini, kebutuhan untuk menggunakan plastik dan kemajuan teknologi manufaktur untuk bahan itu sendiri mendorong permintaan masyarakat akan plastik, dan perkembangan teknologi semakin meningkatkan persaingan di segala bidang industri. Oleh karena itu, industri plastik perlu meningkatkan produksi dari segi kualitas dan kuantitas. Dengan cara ini, plastik Kemampuan cetak yang baik dan bobot yang ringan dapat menggantikan baja secara perlahan. Dalam penelitian ini, sebagai metode penelitian, kami menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan survei, pengumpulan data dan penelitian lapangan terkait tema penelitian. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah pembuatan alat uji. Dari hasil fabrikasi cetakan, cetakan berbentuk botol 30 ml dengan dimensi 105 mm x 40 mm, saluran reng \varnothing 6 mm, saluran keluar 3 mm, dan cetakan terbuat dari bahan alumunium. Cetakan yang dinamakan sistem tiga bidang, dan cetakan terbagi dari 3 bagian utama yang ia bagi menjadi 3 bagian. Hasil cetakan yang baik dan ideal diperoleh dengan material HDPE (High Density Polyethylene) dengan parameter kecepatan injeksi 8 rpm dan temperatur 190 °C.

Kata Kunci: Cetakan; plastik; injeksi molding; botol

Abstract

At present, the need to use plastics and the advancement of manufacturing technology for the material itself drive people's demand for plastics, and the development of technology has further increased competition in all fields of industry. Therefore, the plastics industry needs to increase production in terms of quality and quantity. In this way, plastic can slowly replace iron and steel due to its good moldability and light weight. In this research, as a research method, we use quantitative methods by conducting surveys, data collection and field research related to the research theme. After the data is collected, the next step is the fabrication of the test equipment. From the mold fabrication results, the mold is in the shape of a 30 ml bottle with dimensions of 105 mm x 40 mm, inlet \varnothing 6 mm, outlet 3 mm, and the mold is made of aluminum. This mold is called the 3 plate system and the mold consists of 3 main parts which are divided into 3 parts. Good and ideal molding results were obtained with HDPE (High Density Polyethylene) material with injection speed parameters of 8 rpm and temperature of 190°C.

Keywords: Mold; Plastic; Injection molding; bottle

How to Cite: Martua Sangap Siagian, Dadan Ramdan, & Bobby Umroh (2023). Rancang Bangun Cetakan Botol Ukuran 30 ml Model Blow Pada Mesin Injection Molding. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri (JITMI)*, 2(1) 2023: 11-20,

PENDAHULUAN

Plastik saat ini menjadi pilihan yang populer di kalangan masyarakat. Hal ini disebabkan oleh persaingan yang semakin ketat di tengah kemajuan teknologi, yang menghasilkan kebutuhan yang terus meningkat akan penggunaan plastik dan teknologi manufaktur yang berkaitan dengan bahan tersebut di berbagai sektor, termasuk industri. Industri plastik dituntut untuk dapat menghadapi berbagai tantangan yang ada, seperti memproduksi produk dengan kualitas tinggi yang sesuai dengan harapan masyarakat. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan produksi dalam hal kualitas dan jumlah (Bisht et al., 2022).

Plastik memiliki potensi untuk menggantikan peran besi dan baja secara bertahap, karena kemampuannya yang unggul dalam hal kemudahan pembentukan dan bobot yang lebih ringan (Yadav et al., 2022). Dalam industri manufaktur, kelebihan ini menjadi nilai tambah yang signifikan. Selain itu, penggunaan plastik juga dapat membantu mengurangi penggunaan sumber daya alam yang terbatas, seperti penggunaan logam berat. Oleh karena itu, pengembangan dan peningkatan produksi plastik yang baik akan memberikan dampak positif dalam mencapai keberlanjutan dan efisiensi dalam berbagai sektor industri (Moshood et al., 2022). Dengan demikian, industri plastik harus terus meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi untuk menjawab kebutuhan yang semakin meningkat. Penelitian dan inovasi dalam pengembangan plastik yang ramah lingkungan, efisien, dan ekonomis akan menjadi faktor penting dalam mencapai tujuan tersebut. Dengan upaya yang berkelanjutan, diharapkan industri plastik dapat terus menjadi solusi yang dapat memenuhi tuntutan pasar dan memberikan kontribusi positif dalam berbagai sektor industri (Shahriar et al., 2022).

Dalam menciptakan produk berbahan plastik yang memiliki nilai jual tinggi, terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah mesin yang digunakan, seperti mesin blow molding, injection molding, dan extrusion molding (Carrera et al., 2022). Di antara berbagai jenis mesin tersebut, blow molding merupakan metode yang paling umum digunakan. Blow molding adalah proses pembentukan benda kerja berongga dengan menggunakan udara yang ditiupkan ke dalam bahan mentah melalui cetakan yang terdiri dari dua belahan cetakan tanpa menggunakan inti sebagai pembentuk rongga (Morampudi & Gurrapu, 2022). Proses blow molding ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemampuannya dalam menghasilkan produk dengan bentuk berongga yang kompleks dan akurat. Metode ini juga efisien dalam hal biaya produksi karena dapat menghasilkan produk dengan cepat dan menggunakan sedikit bahan mentah. Selain itu, blow molding juga fleksibel dalam menghasilkan berbagai ukuran dan bentuk produk plastik (Barletta et al., 2019). Namun, dalam memilih mesin blow molding, perlu diperhatikan juga faktor-faktor lain seperti kapasitas produksi yang diinginkan, kebutuhan kualitas produk, dan jenis bahan plastik yang akan digunakan. Selain itu, pemilihan cetakan yang sesuai dengan desain produk juga merupakan faktor penting dalam menciptakan hasil yang optimal (Dorp et al., 2019). Dengan mempertimbangkan semua hal tersebut, proses blow molding menjadi pilihan yang efektif dan efisien dalam menciptakan produk berbahan plastik yang memiliki nilai jual tinggi. Pemahaman yang baik tentang mesin dan proses blow molding akan memberikan kontribusi positif dalam menghasilkan produk berkualitas dan memenuhi kebutuhan pasar yang semakin kompetitif.

Mesin blow molding merupakan mesin yang digunakan untuk mencetak produk dengan cara peniupan. Prosesnya dimulai dengan memanaskan botol preform, kemudian preform tersebut dimasukkan ke dalam mold (rongga cetakan) dan diinjeksikan dengan tekanan udara tertentu agar preform dapat mengembang dan membentuk profil atau produk yang diinginkan (Katsevman et al., 2018). Dalam mesin blow molding, terdapat alat yang disebut alat tiup injeksi. Alat ini terdiri dari alat injeksi yang berfungsi menyuntikkan atau meniupkan udara bertekanan tinggi dari kompresor ke preform botol (J. Yang et al., 2022). Untuk menciptakan alat cetakan injeksi yang optimal, bahan yang digunakan harus memiliki sifat ringan dan tahan terhadap suhu tinggi pada preform botol (sekitar $\pm 200^{\circ}\text{C}$). Cetakan tiup injeksi yang dipasang pada mesin blow molding juga harus memiliki kekuatan yang tinggi untuk menahan tekanan saat proses injeksi dan membentuk rongga cetakan. Oleh karena itu, dalam pembuatan alat injection blow molding, digunakan beberapa jenis bahan yang memiliki kekuatan sesuai dengan kebutuhan dan mudah ditemukan di pasar Indonesia dengan biaya yang terjangkau (C. Yang et al., 2021). Proses injection molding melibatkan beberapa fungsi untuk menghasilkan beragam ukuran dan variasi bentuk produk dari

bahan termoplastik dengan suhu dan tekanan tinggi. Proses ini melibatkan aspek mekanik dan termal yang saling berpengaruh, di mana setiap tahapan proses akan memengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Dengan memahami prinsip kerja mesin blow molding dan karakteristik proses injection molding, dapat dihasilkan produk plastik dengan kualitas yang baik dan sesuai dengan kebutuhan pasar. Perkembangan teknologi dan pemilihan bahan yang tepat juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi dan keberhasilan dalam proses pembuatan produk dengan menggunakan mesin blow molding (C. Wang et al., 2022).

Bahan plastik dan bahan komposit laminat memiliki hubungan erat dalam industri pembuatan material maju. Bahan plastik, baik yang termoplastik maupun termoset, sering digunakan sebagai komponen utama dalam pembentukan komposit laminat yang lebih kuat dan tahan lama (Amirhafizan et al., 2023; Yuhazri et al., 2020). Bahan plastik, dengan keunggulan seperti ringan, tahan terhadap korosi, dan kemampuan pembentukan yang baik, merupakan bahan dasar yang sering digunakan dalam pembuatan produk plastik. Namun, dalam beberapa aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, bahan plastik perlu ditingkatkan dengan menggabungkannya dengan material lain (Alamsyah et al., 2022; Zulfikar et al., 2023). Inilah peran bahan komposit laminat. Komposit laminat terdiri dari beberapa lapisan material yang berbeda yang digabungkan bersama (Hidayat et al., 2022; Muzakir et al., 2022). Lapisan inti komposit biasanya terbuat dari material yang memiliki sifat mekanik yang kuat, seperti serat karbon atau serat kaca, sedangkan lapisan permukaan menggunakan lapisan plastik sebagai pelindung dan memberikan finishing yang diinginkan (Siregar & Zulfikar, 2022; Zulfikar et al., 2022). Dalam pembentukan komposit laminat, bahan plastik berperan sebagai matriks yang mengikat dan melindungi serat-serat penguat yang ada di dalamnya (Rasyid et al., 2022). Proses pembuatan komposit laminat melibatkan penggunaan mesin dan teknik khusus, seperti proses laminasi atau proses injeksi. Dalam proses injeksi, bahan plastik dilelehkan dan diinjeksikan ke dalam cetakan yang berisi serat-serat penguat. Setelah mendingin dan mengeras, hasilnya adalah bahan komposit laminat yang memiliki kekuatan, ketahanan, dan karakteristik mekanik yang unggul (Tambusay et al., 2022; D. Wang et al., 2023). Dengan menggabungkan keunggulan bahan plastik dan kekuatan serat penguat dalam bahan komposit laminat, dapat dihasilkan material maju yang digunakan dalam berbagai industri. Material ini digunakan dalam pembuatan struktur yang membutuhkan kekuatan tinggi, seperti pesawat terbang, kendaraan, kapal, dan konstruksi bangunan. Pengembangan bahan komposit laminat terus dilakukan untuk meningkatkan performa dan efisiensi dalam berbagai aplikasi, sehingga memberikan solusi yang lebih baik bagi industri manufaktur.

Berdasarkan penjelasan di atas, sangatlah penting untuk memiliki cetakan yang mendukung proses kerja injection molding. Kebutuhan akan produk kemasan berbahan plastik semakin meningkat, dan karena itu pembuatan cetakan botol berkapasitas 30 ml menjadi salah satu aspek yang krusial dalam pengolahan plastik menggunakan mesin injection molding. Cetakan memegang peranan penting dalam mencetak produk plastik dengan presisi dan kualitas yang diinginkan. Dalam proses injection molding, cetakan berfungsi sebagai wadah untuk menampung bahan plastik cair yang akan diinjeksikan dan membentuk produk akhir. Cetakan botol 30 ml dibutuhkan karena ukurannya yang sering digunakan dalam industri kemasan, khususnya untuk produk-produk dengan volume kecil seperti obat-obatan, kosmetik, dan minuman. Namun, pembuatan cetakan botol 30 ml tidaklah mudah. Diperlukan keahlian dan teknologi yang canggih untuk merancang dan memproduksi cetakan dengan ketepatan dimensi, kehalusan permukaan, dan keawetan yang tinggi. Permintaan yang tinggi terhadap cetakan botol 30 ml menunjukkan bahwa kebutuhan akan produk kemasan plastik dengan volume kecil semakin meningkat, dan industri perlu meningkatkan kapasitas produksi cetakan yang dapat memenuhi permintaan tersebut. Dalam kesimpulannya, pembuatan cetakan botol 30 ml merupakan langkah penting dalam pengolahan plastik dengan mesin injection molding, mengingat tingginya kebutuhan akan produk kemasan berbahan plastik. Pembuatan cetakan botol 30 ml menjadi tantangan tersendiri dalam hal desain, produksi, dan kualitas cetakan. Dengan meningkatnya kemampuan produksi cetakan yang memenuhi standar kualitas dan kebutuhan pasar, diharapkan dapat terpenuhi permintaan akan produk kemasan plastik yang inovatif, fungsional, dan berkualitas tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat cetakan botol 30 ml dengan bahan aluminium yang selanjutnya digunakan untuk pembuatan botol plastik HDPE dengan mesin

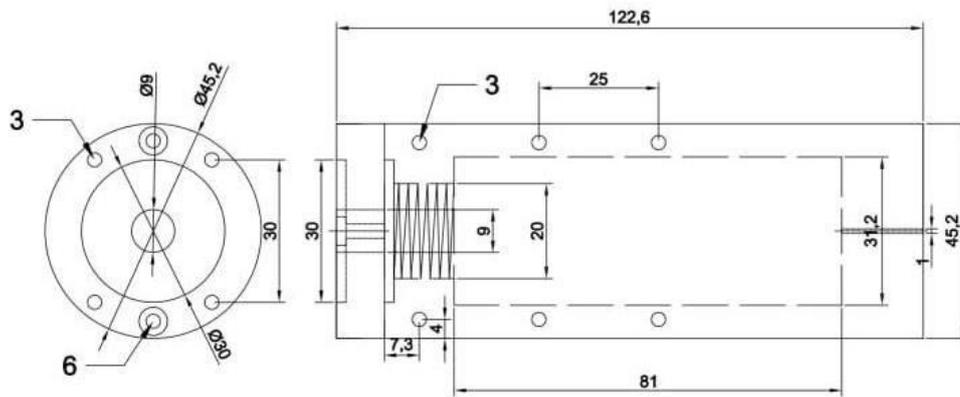
Injection molding. Selain itu, tujuan penelitian ini ialah untuk menguji pengaruh suhu pada proses pembuatan botol berkapasitas 30 ml menggunakan mesin Injection Molding dengan bahan HDPE. Parameter yang diuji adalah suhu dengan variasi 180°C, 190°C, dan 200°C, dengan tekanan udara tetap 6 MPa dan putaran mesin tetap 8 rpm. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan suhu yang optimal untuk menghasilkan botol dengan kualitas yang baik, termasuk kehalusan permukaan dan integritas produk.

METODE PENELITIAN

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini ialah di CV. Star Umroh Engineering yang berada di Jalan Menteng VII Gg. Wakaf Ujung, Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah: Mesin bubut, Mesin bor, Kunci set (*hand Tool*), Gerinda, Mesin Injeksi Molding, dan Aluminium batangan. Tahapan penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan mencari referensi di perpustakaan dan jurnal-jurnal ilmiah. Selanjutnya, dibuat perencanaan penelitian yang terdiri dari persiapan alat dan bahan serta setup alat-alat permesinan (mesin injection molding, mesin bubut, dll.). Lebih lanjut, pembuatan cetakan botol berdasarkan rancangan botol 30 ml seperti diperlihatkan pada gambar 1. Dalam penelitian ini akan membuat sebuah cetakan botol dengan dimensi cetakan 105 mm x 40 mm, saluran masuk \varnothing 6 mm, dan saluran buang 3 mm, yang terbuat dari bahan aluminium. Cetakan botol ini menggunakan Sistem tiga pelat yang terdiri dari tiga bagian utama dengan bagian cetakan dibagi menjadi tiga bagian, cetakan dengan model seperti ini dipakai pada cetakan dengan type gate, yaitu saluran masuk cairan plastik ke rongga cetakan ada di bagian atas cetakan, dan saluran keluar ada di bagian bawah cetakan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*). Akhirnya, dilakukan pengujian pencetakan botol dengan parameter pengujian diperlihatkan pada tabel 1.

Prosedur pengerjaan pembuatan cetakan botol ukuran 30ml diawali dengan pemasangan meja pembagi pada meja mesin bubut kemudian kencangkan menggunakan baut pengunci supaya meja putar tidak berpindah dari posisinya sewaktu proses berlangsung. Pasang alat bantu seperti arbor, collet pada spindel mesin dan sediakan alat penunjang lainnya seperti bor 8 mm, pisau frais mild end milling dengan diameter 2 mm, 3 mm dan 50 mm. Proses meratakan dimensi cetakan untuk pembuatan tatakan hingga mencapai ukuran yang ditentukan berdasarkan gambar desain, yaitu panjang 120mm dan lebar 80mm. Proses pembuatan cetakan botol pertama, dimana prosesnya dilakukan sesuai dengan panduan dimensi ukuran botol yang diinginkan. Pembentukan alur pembuangan angin, untuk memastikan bahwa proses pengisian (cetakan) terisi penuh dan memastikan bahwa proses pencetakan tidak terganggu. Tujuan dari alur ini adalah untuk menghilangkan angin yang terperangkap dalam cetakan. Gantilah putaran mesin bubut dari 480 rpm berubah ke 1050 rpm, lanjutkan pemakanan 0,2 mm yang tersisa dari desain hingga pemesinan akhir, dan selesaikan setiap pekerjaan dengan menyisakan ketebalan benda kerja sebesar 0,2 mm. Ini diperlukan untuk pasca- pemrosesan agar permukaan benda kerja yang di milling menjadi lebih halus. Pada proses pembuatan bagian inti botol, pengoperasian dilakukan berdasarkan panduan dimensi dari ukuran botol yang diinginkan.

Prosedur pengujian cetakan botol 30 ml dengan menggunakan mesin Injection Molding diawali dengan menghidupkan dan atur ulang program mesin cetak injeksi. Selanjutnya memasang cetakan pada nojel mesin injection molding dengan menggunakan baut. butiran plastik dimasukkan ke tempat penampungan sementara. Hidupkan pemanas dan menunggu suhu pemanas mencapai kapasitas set (preset) baru. Menghidupkan motor yang memutar screw yang ada didalam barel untuk mengisi barrel dengan butiran plastik sampai kapasitas barrel penuh. Tunggu hingga butiran plastik mencair (meleleh) pada suhu 200°C. Setelah butiran plastik dicairkan, kemudian disuntikkan ke dalam cetakan melalui nojel dengan menghidupkan motor penggerak screw. Setelah cetakan terisi penuh matikan motor listrik. Lepas cetakan dari nojel injection molding dengan menggunakan kunci L. Membuka cetakan sudah di uji dan mengeluarkan produk yang sudah tercetak. Setelah pengujian selesai, kembalikan peralatan ke lokasi semula, matikan mesin, dan bersihkan penguji.



Gambar 1. Rancangan cetakan botol 30ml

Tabel 1. Parameter pengujian cetakan botol pada mesin injection molding

Pengujian	Suhu Udara (°C)	Tekanan Udara (MPa)	Kecepatan Screw (rpm)	Waktu Pendinginan (detik)
I	180	6	8	35
II	190	6	8	35
III	200	6	8	35

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan Cetakan

Pada gambar 2, terlihat hasil dari proses pembuatan cetakan botol berkapasitas 30 ml. Permukaan benda kerja telah diratakan menggunakan mesin milling untuk mencapai tingkat kehalusan yang diinginkan. Proses selanjutnya, yaitu pembentukan cetakan botol dengan kapasitas 30 ml, menggunakan metode pembubutan, terlihat pada gambar 3. Metode ini melibatkan penggunaan alat pembubut untuk membentuk cetakan dengan presisi yang tinggi. Selanjutnya, pada gambar 4, terlihat proses pembuatan inti cetakan botol melalui proses boring. Proses boring dilakukan untuk menciptakan saluran masuk dan saluran pembuangan pada cetakan. Cetakan botol ini dirancang dengan ukuran 105 mm x 40 mm dan memiliki diameter intake 6 mm serta diameter exhaust 3 mm. Model cetakan ini cocok digunakan untuk cetakan tipe gate, di mana saluran masuk cairan plastik ke dalam rongga cetakan berada di bagian atas dan saluran pembuangan terletak di bagian bawah cetakan. Cetakan botol ini menggunakan sistem *three plate*, yang terdiri dari tiga komponen utama yang dapat dilihat pada gambar 5. Sistem ini memungkinkan pembukaan dan penutupan cetakan secara terpisah, sehingga memudahkan proses pemisahan cetakan dari benda kerja setelah pembentukan selesai. Dengan penggunaan cetakan ini, diharapkan dapat memproduksi botol dengan kualitas yang baik dan presisi yang tinggi.



Gambar 2. Meratakan Dimensi Cetakan Menggunakan Prosedur Miling Datar



(a)



(b)

Gambar 3. Proses pembentukan cetakan botol: (a) proses pembubutan, dan (b) hasil pembubutan



Gambar 4. Proses Pembentukan Inti Botol 30ml (core)



Gambar 5. Cetakan botol 30ml

Hasil Pengujian Cetakan

Proses pengujian pencetakan botol 30 ml dengan cetakan yang telah dihasilkan (gambar 5) ialah dengan menggunakan mesin *injection molding* dengan bentuk mesin diperlihatkan pada gambar 6. Hasil percobaan cetakan ditunjukkan pada gambar 7. Terlihat bahwa semua bentuk botol terisi penuh pada percobaan pencetakan menggunakan plastik HDPE pada suhu 190 °C. Dengan menggunakan jenis material, suhu, dan frekuensi silinder yang tepat, injeksi plastik cair dapat memenuhi seluruh cetakan.



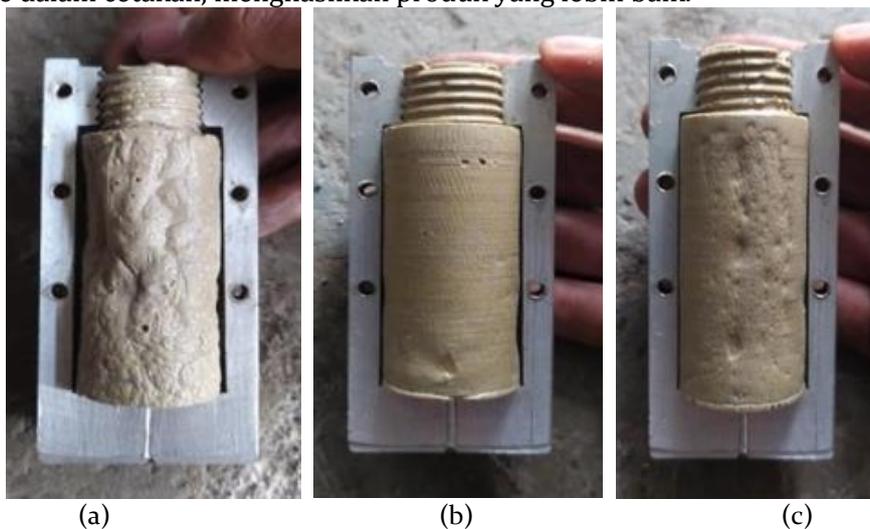
Gambar 6. Mesin Injection Molding



Gambar 7. Hasil dari proses pencetakan

Hasil Pengujian Pembuatan Botol 30 ml

Pada pengujian pertama menggunakan mesin Injection Molding, suhu yang digunakan adalah 180°C dengan tekanan udara tetap sebesar 6 MPa, kecepatan screw 8 rpm, dan waktu pendinginan selama 35 detik. Hasil pengujian menunjukkan adanya kegagalan dalam proses injeksi. Bahan HDPE yang digunakan tidak meleleh secara total, menyebabkan terhambatnya aliran bahan ke dalam cetakan botol. Hal ini mengakibatkan cacat produk yang disebut sebagai Short moulding, seperti yang terlihat pada gambar 8a. Produk yang dihasilkan tidak dapat masuk secara sempurna ke dalam cetakan botol, sehingga kualitasnya terganggu. Pada pengujian kedua, suhu yang digunakan ditingkatkan menjadi 190°C dengan tekanan udara tetap 6 MPa, kecepatan screw 8 rpm, dan waktu pendinginan selama 35 detik. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan. Bahan HDPE dapat meleleh dengan lebih baik, memungkinkan aliran bahan yang lebih lancar ke dalam cetakan. Hal ini memperbaiki kualitas produk yang dihasilkan. Gambar 8b menunjukkan hasil dari pengujian ini, di mana produk yang masuk ke dalam cetakan botol menjadi lebih sempurna. Pada pengujian ketiga, suhu yang digunakan lebih ditingkatkan menjadi 200°C dengan tekanan udara tetap 6 MPa, kecepatan screw 8 rpm, dan waktu pendinginan selama 35 detik. Meskipun bahan HDPE meleleh secara total, masalah muncul dalam hal laju aliran masuk ke dalam cetakan yang terlalu cepat. Hal ini menyebabkan bahan menjadi terlalu padat, menghasilkan permukaan yang kurang halus pada produk akhir. Gambar 8c menunjukkan hasil dari pengujian ini. Meskipun bahan dapat masuk secara total ke dalam cetakan, kualitas permukaan produk belum mencapai tingkat kehalusan yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa suhu yang tepat untuk proses Injection Molding botol 30 ml dari bahan HDPE adalah 190°C . Pada suhu tersebut, bahan dapat meleleh dengan baik dan memungkinkan aliran yang lancar ke dalam cetakan, menghasilkan produk yang lebih baik.



Gambar 8. Hasil Pengujian: (a) Pertama, (b) kedua, dan (c) ketiga

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan cetakan botol berkapasitas 30 ml melibatkan beberapa langkah penting. Pertama, menggunakan mesin milling untuk meratakan permukaan benda kerja guna mencapai tingkat kehalusan yang diinginkan. Langkah selanjutnya adalah pembentukan cetakan botol menggunakan metode pembubutan, yang melibatkan penggunaan alat pembubut untuk membentuk cetakan dengan tingkat presisi yang tinggi. Setelah itu, proses pembuatan inti cetakan dilakukan melalui proses boring, yang bertujuan untuk menciptakan saluran masuk dan saluran pembuangan pada cetakan. Berdasarkan hasil pengujian cetakan, suhu yang paling optimal untuk proses Injection Molding botol 30 ml dari bahan HDPE adalah 190°C. Pada suhu ini, bahan HDPE dapat meleleh dengan baik dan memungkinkan aliran yang lancar ke dalam cetakan botol, menghasilkan produk yang masuk secara sempurna dan berkualitas. Peningkatan suhu menjadi 200°C menyebabkan bahan meleleh secara total, namun laju aliran yang terlalu cepat mengakibatkan kepadatan bahan yang tinggi dan permukaan yang kurang halus. Sementara pada suhu 180°C, bahan tidak meleleh secara total, menghambat proses injeksi dan menghasilkan produk yang cacat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, D., Zulfikar, A. J., Yusuf, M., & Siahaan, R. (2022). Optimasi kekuatan tekan beton kolom silinder diperkuat selubung komposit laminat jute dengan metode anova compressive strength optimization of cylindrical column concrete reinforced jute laminated composite wrap with anova method. *Jcebt*, 6(1), 30–36. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>
- Amirhafizan, M., Yuhazri, M., Umarfaruq, H., Lau, S., Kamarul, A., & Zulfikar, A. (2023). Laminated Jute and Glass Fibre Reinforced Composite for Repairing Concrete Through Wrapping Technique. *International Journal of Integrated Engineering*, 15(1), 1–8.
- Barletta, M., Aversa, C., Puopolo, M., & Vesco, S. (2019). Extrusion blow molding of environmentally friendly bottles in biodegradable polyesters blends. *Polymer Testing*, 77(2), 105885.
- Bisht, H. S., Singh, D., & Sandhu, N. (2022). An empirical study on remedial measures to overcome the challenges faced by plastic processing industry. *Materials Today: Proceedings*, 1427–1436.
- Carrera, B., Piñol, V. L., Mata, J. B., & Kim, K. (2022). A machine learning based classification models for plastic recycling using different wavelength range spectrums. *Journal of Cleaner Production*, 374(3), 133883.
- Dorp, E. R., Blume, C., Haedecke, T., & Pata, V. (2019). Process-dependent structural and deformation properties of extrusion blow molding parts. *Polymer Testing*, 77(2), 105903.
- Hidayat, N., Zulfikar, A. J., & Iswandi, I. (2022). Analisis Metode Split Tensile Test Komposit Laminat Jute Terhadap Kekuatan Tarik Belah Beton Kolom Silinder. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(2), 18–26.
- Katsevman, M., Pavlov, A., & Kruglov, P. (2018). Production of thermoplastic compound materials for processing by injection molding, blow molding and extrusion. *Reinforced Plastics*, 62(6), 318–321.
- Morampudi, P., & Gurrupu, S. (2022). Modelling and analysis of a customized die for blow moulding machine. *Materials Today: Proceedings*, 3306–3313.
- Moshood, T. D., Nawani, G., Mahmud, F., & Mohamad, F. (2022). Green product innovation: A means towards achieving global sustainable product within biodegradable plastic industry. *Journal of Cleaner Production*, 363(5), 132506.
- Muzakir, A. T., Zulfikar, A. J., & Siahaan, M. Y. R. (2022). Analisis Kekuatan Tekan Beton Kolom Silinder Diperkuat Komposit Hibrid Laminat Jute E-Glass Epoksi. *JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation)*, 6(1), 12–19.
- Rasyid, M. A., Zulfikar, A. J., & Iswandi, I. (2022). Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test Analysis. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(2), 27–34.
- Shahriar, M. M., Parvez, M. S., Islam, M. A., & Talapatra, S. (2022). Implementation of 5S in a plastic bag manufacturing industry: A case study. *Cleaner Engineering and Technology*, 8(1), 100488.
- Siregar, D. A., & Zulfikar, A. J. (2022). Analisis Kekuatan Tekan Selubung Komposit Laminat E-glass pada Beton Kolom Silinder dengan Metode Vacuum Bagging. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(1), 20–25.
- Tambusay, M. I., Zulfikar, A. J., & Iswandi, I. (2022). Analisis Metode Split Tensile Test Komposit Laminat Hybrid Jute E-Glass Akibat Beban Tarik Beton Kolom Silinder. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(2), 45–54.
- Wang, C., Shaayegan, V., Costa, F., Han, S., & Park, C. B. (2022). The critical requirement for high-pressure foam injection molding with supercritical fluid. *Polymer*, 38(2), 124388.

- Wang, D., Zhang, C., Zulfikar, A. J., Mehrez, S., Huynen, I., Mahariq, I., & Elbadawy, I. (2023). Tuning layer thickness and layer arrangement in a GdMnO₃ and GdMnO₃-MoSe₂ bi-layer absorber to cover the S, C, and X band frequency range. *Surfaces and Interfaces*, 36(1), 102507.
- Yadav, A., Chandra, A., & Singh, S. (2022). Study on application of waste plastic in the construction industry. *Materials Today: Proceedings*, 1455–1458.
- Yang, C., Wang, G., Zhao, J., & Zhao, G. (2021). Lightweight and strong glass fiber reinforced polypropylene composite foams achieved by mold-opening microcellular injection molding. *Journal of Materials Research and Technology*, 14(2), 2920–2931.
- Yang, J., Xie, J., Ji, K., Wang, X., & Zhao, P. (2022). Microcellular injection molding of polyether-ether-ketone. *Polymer*, 251(2), 124866.
- Yuhazri, M. Y., Zulfikar, A. J., & Ginting, A. (2020). Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1003(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1003/1/012135>
- Zulfikar, A. J., Ritonga, D. A. A., Pranoto, S., Nasution, F. A. K., Arif, Z., & Junaidi, J. (2023). Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Polimer Diperkuat Serbuk Kulit Kerang. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(1), 30–40.
- Zulfikar, A. J., Siahaan, M. Y. R., Irwan, A., Nasution, F. A. K., & Ritonga, D. A. A. (2022). Analisis Kekuatan Mekanik Pipa Air dari Bahan Komposit Serbuk Kulit Kerang. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(2), 83–93.