

Bahan Komposit Plastik untuk Aplikasi pada Bubungan Atap di Indonesia

Nunung Martina¹, Putera Agung Maha Agung², Muhammad Hidayat Tullah³, Isnanda Nuriskasari⁴,
Amalia⁵, Yanuar Setiawan⁶, Muslimin⁷, Fuad Zainuri⁸
Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta^{1,2,5,6}
Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta^{3,4,7,8}
e-mail: nunung.martina@sipil.pnj.ac.id¹

ABSTRACT

In recent years, there has been a significant increase in the utilization of plastic roofing tiles, replacing metal roofing tiles in Indonesia. This phenomenon has spurred rapid growth in research on plastic roofing tiles based on plastic waste. Prior to the injection process, initial stages are undertaken to determine a composite mix-design that can yield optimal raw materials. The composition of these raw materials includes plastic waste, PBT (polybutylene terephthalate) resin, and variations in the addition of glass fiber reinforcement (GF30). In the context of plastic roofing tile manufacturing, this research is seen as an effort to reduce production costs and make the product more economically accessible. Previous laboratory evaluations involved measuring physical and mechanical properties, including water absorption, porosity, impact, and flexural tests. The research findings indicate that the optimal composition for plastic roofing tiles consists of 40% plastic waste, 60% PBT resin, and 13% GF30. Innovations in composite mix-design are expected to positively contribute to production efficiency and market affordability, strengthening the direction of plastic roofing tile industry development in Indonesia.

Keywords: plastic roof tile, composite material, mix-design, injection molding.

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, terjadi peningkatan signifikan dalam penggunaan atap plastik yang menggantikan atap logam di Indonesia. Fenomena ini mendorong pertumbuhan pesat dalam penelitian mengenai bubungan genteng plastik berbasis limbah plastik. Sebelum melibatkan proses injeksi, tahap awal dilakukan untuk menentukan desain campuran komposit yang dapat menghasilkan bahan baku optimal. Komposisi bahan baku tersebut mencakup limbah plastik, resin PBT (polybutylene terephthalate), dan variasi penambahan serat kaca diperkuat (GF30). Konteks pembuatan bubungan genteng plastik memandang penelitian ini sebagai upaya untuk mengurangi biaya produksi dan menjadikan produk lebih terjangkau secara ekonomis. Evaluasi laboratorium sebelumnya melibatkan pengukuran sifat fisik dan mekanik, dengan uji absorpsi air, porositas, uji impak, dan uji lentur sebagai parameter penilaian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimal untuk bubungan genteng plastik terdiri dari 40% limbah plastik, 60% resin PBT, dan 13% GF30. Inovasi dalam desain campuran komposit ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi produksi dan daya beli pasar, memperkuat arah pengembangan industri genteng di Indonesia.

Keywords: bubungan genteng plastik, bahan komposit, desain campuran, cetakan injeksi.

PENDAHULUAN

Bubungan atap merupakan salah satu elemen penutup pada bagian atas bangunan yang terdiri dari sejumlah bagian yang saling tumpang tindih. Meskipun bubungan atap dapat dihasilkan dalam berbagai bentuk dan cara pemasangan, bentuk yang paling umum digunakan adalah persegi panjang. Bahan pembuatan bubungan atap dapat bervariasi, meliputi tanah liat, kayu, batu, aspal, serat, plastik, asbes, beton, kaca, dan logam. Bubungan atap memiliki peran penting dalam struktur bangunan, dan pemilihan jenis bubungan atap yang tepat dapat memberikan nilai artistik yang lebih pada bangunan.

Standar Nasional Indonesia [1] mengenai beton bubungan atap mengatur berbagai persyaratan kualitas, termasuk sifat tampak yang harus halus dan bebas cacat yang memengaruhi fungsi dan penggunaannya. Persyaratan lain mencakup ukuran, kelas maksimum 3 mm, daya serap air maksimum 10%, ketahanan terhadap rembesan air (kekedapannya), di mana tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bawah bubungan atap selama kurang dari 20 jam $\pm$ 5 menit, dan spesifikasi beban lentur sesuai standar produk.

Komposit adalah materi yang terbentuk ketika dua atau lebih bahan berbeda digabungkan menjadi satu kesatuan, tetapi tetap mempertahankan sifat dan elemen penyusunnya, menciptakan materi baru. Gabungan

ini dimaksudkan untuk mencari atau mendapatkan materi baru yang memiliki sifat di antara bahan penyusunnya. Sifat-sifat dari materi hasil penggabungan ini diharapkan dapat saling melengkapi dan meningkatkan kelemahan bahan penyusunnya. Tujuan umum penelitian ini adalah memanfaatkan limbah plastik untuk mengurangi dampak polusi plastik terhadap lingkungan dan meningkatkan pemanfaatan ekonomi limbah plastik [2]. Sementara itu, tujuan khusus penelitian ini adalah merancang campuran limbah plastik dengan PBT dan GF30 guna menghasilkan bubungan atap plastik.

TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi Genteng dan Bubungan Atap Komposit Plastik

Dalam perkembangan industri bahan bangunan, diperlukan alternatif yang lebih unggul dibandingkan bahan konvensional, termasuk dalam hal genteng dan bubungan atap. Genteng dan bubungan atap sebagai bahan konstruksi penting untuk atap memiliki peran sebagai pelindung terhadap berbagai faktor eksternal seperti angin, sinar matahari, badai, dan hujan [3]. Saat ini, kebutuhan akan genteng dan bubungan atap yang lebih kuat, tahan lama, ringan, dan tahan terhadap cuaca serta suhu, serta ekonomis, semakin mendesak agar dapat memenuhi semua fungsi tersebut. Penting bahwa material genteng dan bubungan atap mudah didapatkan dan memiliki harga yang terjangkau [4]. Secara jangka panjang, desain dengan pendekatan ekologis bukan hanya pilihan, melainkan suatu keharusan mengingat pertumbuhan populasi bumi yang terus meningkat, sebagaimana terlihat dalam Gambar 1. Demikian juga, sektor industri genteng dan bubungan atap saat ini membutuhkan bahan yang memiliki sifat kuat dan ringan, dan penerapan pendekatan ekologis perlu diutamakan. Salah satunya adalah melalui pembuatan genteng dan bubungan atap komposit yang berasal dari limbah plastik dari produsen dan konsumen/pengguna. Faktor utama dalam penggunaan bahan komposit melibatkan kerapatan rendah, sifat mekanik spesifik yang tinggi, kinerja yang dapat dibandingkan dengan campuran beton atau logam, ketahanan terhadap korosi, sifat yang lebih baik daripada bahan penyusunnya, dan kemudahan dalam proses fabrikasi [5].

PBT (Polybutylene Terephthalate)

PBT, atau Polybutylene Terephthalate, adalah jenis termoplastik rekayasa yang memiliki sifat dan komposisi mirip dengan Polyethylene Terephthalate (PET). Sebagai bagian dari kelompok resin poliester, PBT dikenal sebagai plastik yang kuat, kaku, dan dapat diolah. Berbagai warna PBT, dari putih hingga terang, digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam industri elektrikal, elektronik, dan otomotif. Ada dua jenis produk PBT: resin PBT dan campuran PBT. Campuran PBT melibatkan berbagai bahan seperti resin PBT, serat kaca, dan aditif. PBT sering digunakan dalam bentuk yang diisi mineral atau kaca. Meskipun memiliki keunggulan seperti resistensi terhadap pelarut dan penyusutan yang rendah, PBT memiliki beberapa kelemahan, seperti kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah dibandingkan dengan PET, rentan terhadap perisai ketika kaca digunakan sebagai pengisi, dan tidak memiliki ketahanan yang memadai terhadap asam, basa, dan hidrokarbon. Meskipun demikian, penggunaan plastik dengan sifat rekayasa, seperti PBT, semakin populer sebagai alternatif logam karena masalah korosi dan biaya tinggi. Grade PBT baru dengan kinerja pengelasan laser yang lebih baik telah dikembangkan, membuka solusi baru untuk bagian yang memerlukan pengelasan [6] - [7].

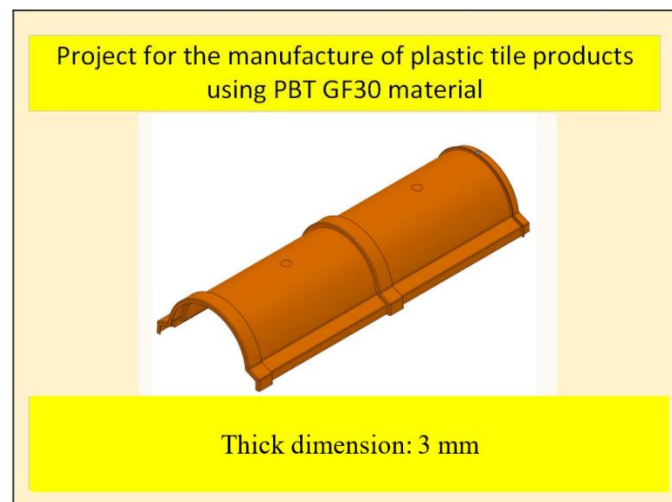
GF (Glass Fiber)

Glass fiber, juga dikenal sebagai fiberglass, merupakan material terbuat dari serat-serat kaca yang sangat halus. Fiberglass adalah material ringan, sangat kuat, dan tahan lama. Meskipun kekuatannya sedikit lebih rendah daripada serat karbon dan kurang kaku, namun material ini umumnya lebih tahan terhadap retak, dan bahan bakunya lebih ekonomis. Kekuatan dan bobotnya juga menguntungkan dibandingkan dengan logam, dan dapat dibentuk dengan mudah melalui proses molding. Glass fiber diproduksi dari berbagai bahan baku seperti pasir silika, alumina, batu kapur, tanah liat, dan asam borat. Terdapat jenis-jenis glass fiber, seperti E-glass dan S-glass, yang memiliki sifat mekanik yang berbeda tergantung pada penggunaannya [8] - [9].

2.5 PBT GF30

Dalam penelitian ini, prototipe genteng bubungan atap menggunakan bahan baku yang terdiri dari limbah plastik ditambah dengan PBT 30GF. PBT GF30, yaitu polibutilen tereftalat yang diperkuat dengan serat

kaca sebanyak 13%, memiliki kekakuan dan kelenturan tinggi dalam hal stabilitas dimensional dan ketahanan kimia. Pemilihan material PBT GF30 didasarkan pada pertimbangan bahwa genteng bubungan atap plastik harus memiliki sifat tahan panas, kelincahan, dan kecenderungan mudah terkontaminasi dengan bahan lain akibat perubahan suhu. Namun, artikel ini tidak membahas secara mendalam karakteristik umum PBT GF30, karena beberapa referensi telah membahas keunggulan PBT secara rinci. Material PBT GF30 dan karakteristiknya hanya digunakan sebagai pertimbangan dalam merancang bahan cetakan untuk genteng bubungan atap plastik (Gambar 1) [10]. Beberapa spesifikasi atau karakteristik umum material PBT ditunjukkan dalam Tabel 1.



Gambar 1. Informasi dasar prototipe bubungan atap

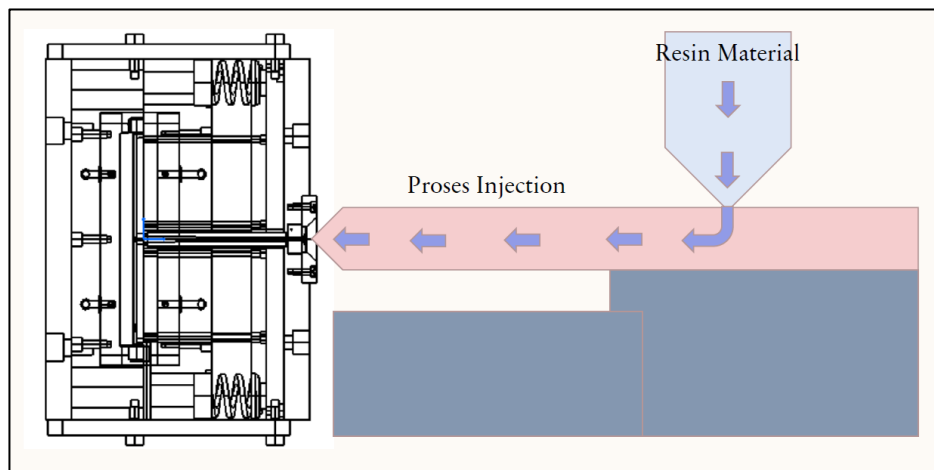
Tabel 1. Karakteristik Umum Bubungan Atap PBT GF30

No.	General properties	Values
1.	Density (23 °C) (ISO 1183) (gr/cm ³)	1.53
2.	Percentage of humidity absorption (70 °C, 62% r.H / ISO 1110)	0.2
3.	Percentage of water absorption (23 °C, saturated / ISO 62)	0.4
4.	Percentage of molding shrinkage (flow) / ISO 294-4)	0.2-0.4
5.	Percentage of molding shrinkage (transverse) / ISO 294-4)	0.8-1.0
No.	Thermal properties	Specification
1.	Temperature (°C) of deflection under load HDT/A (1.8 MPa / ISO 75)	205
2.	Melting temperature (°C) (DSC, 10K/min / DIN EN ISO 11357-1)	225
No.	Flammability	Standard
1.	Burning rate (UL 94), 0.8 mm wall thickness	HB Class
2.	GWFI temperature (°C) (IEC 60695-2-12), 1.6 mm wall thickness	725
3.	Burning rate (< 100 mm/min) (> 1mm thickness / FMVSS 302)	+

METODE

Standar Genteng Bubungan Atap Indonesia

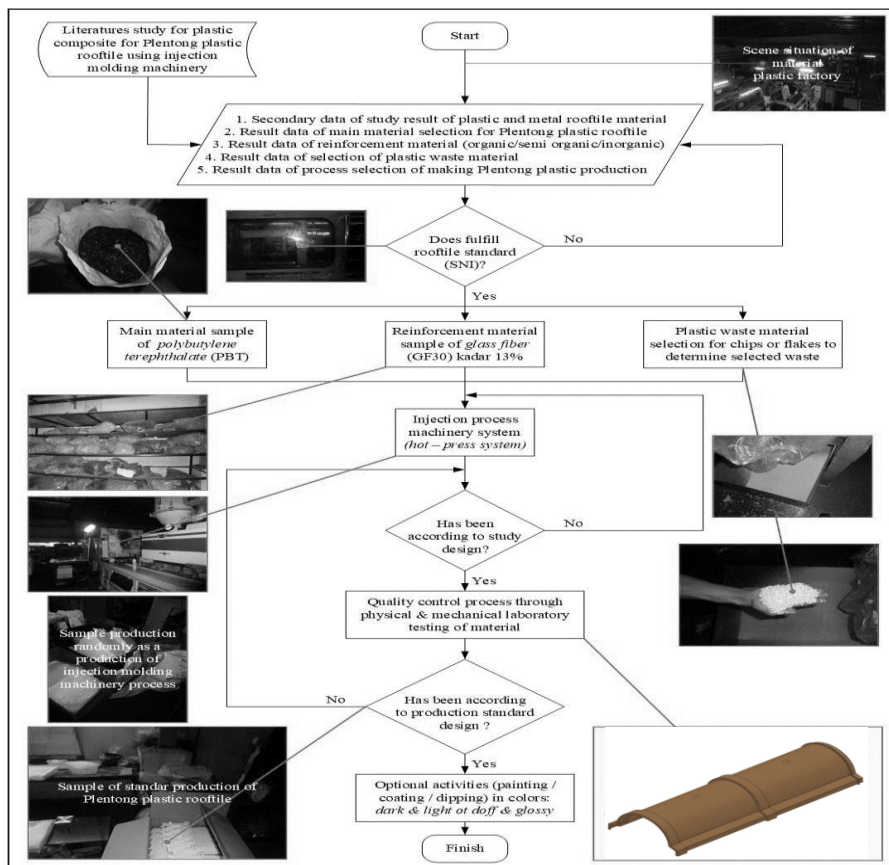
Produk genteng bubungan atap plastik di Indonesia harus memenuhi spesifikasi SNI [3], [1], [11]. Tahapan proses mesin cetak injeksi dijelaskan pada Gambar 2. Pembentukan plastik melalui metode cetakan injeksi merupakan proses membentuk plastik dengan menyuntikkan bahan plastik yang meleleh ke dalam cetakan, yang akan membentuk fitur-fitur produk [12].



Gambar 2. Proses Injeksi PBT GF30 menggunakan mesin injeksi plastik

Diagram Alur kegiatan Komposit untuk Bubungan Atap Plastik

Sistem proses mesin cetak injeksi ini adalah proses pembentukan bubungan komposit yang menggunakan sistem hidrolik hot-press, seperti yang biasanya diterapkan dalam industri plastik. Diagram alur kegiatan untuk studi material plastik terlihat pada Gambar 3.

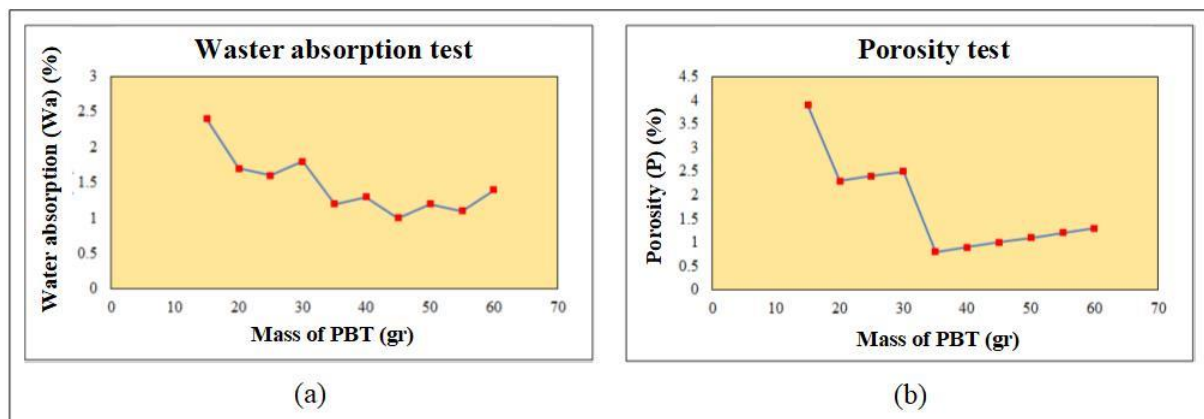


Gambar 3. Diagram alur tipikal industri plastik sebagai dasar penelitian untuk model prototipe bubungan plastik Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Sifat Fisik

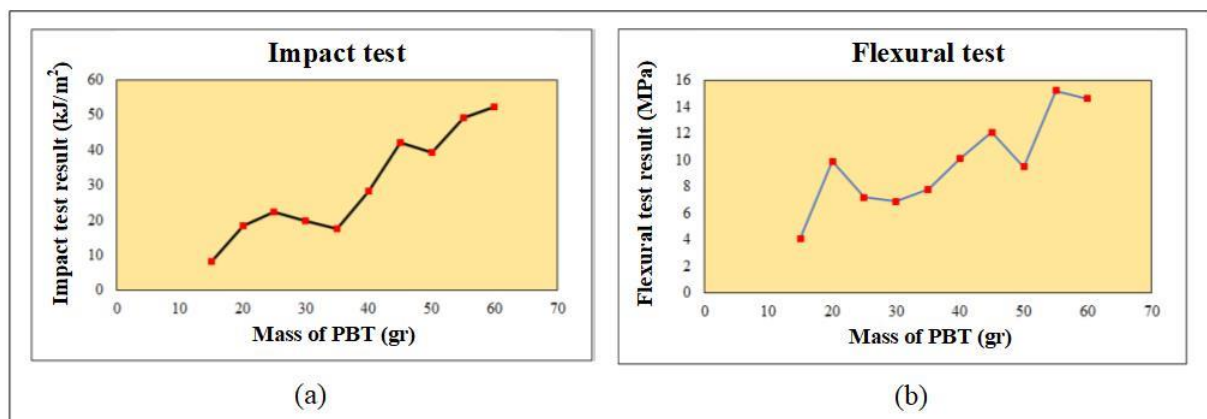
Uji sifat fisik pada material hasil pencampuran ditunjukkan dalam Gambar 4.a dan 4.b, masing-masing. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin homogen campuran dengan penurunan limbah plastik, peningkatan PBT, dan kandungan GF30 yang tetap, menghasilkan absorpsi air dan porositas yang lebih rendah. Hasil ini mencerminkan kualitas genteng bubungan plastik yang lebih baik.



Gambar 4. Hasil pengujian laboratorium sifat fisik desain campuran plastik komposit

Uji Mekanik

Dari hasil uji mekanik, Gambar 5.a dan 5.b, masing-masing, menunjukkan nilai kekuatan impact maksimum sekitar 52,30 kJ/m², sementara nilai impact minimum adalah 8,35 kJ/m². Pada komposisi tertentu, uji impact meningkat ketika limbah plastik berkurang. Uji kekuatan lentur menunjukkan nilai sekitar 15,2 MPa dan nilai minimum sekitar 10. Jika komposisi PBT meningkat sesuai dengan penurunan limbah plastik, tegangan lentur akan meningkat.



Gambar 5. Hasil pengujian laboratorium sifat mekanik desain campuran plastik komposit

Berdasarkan produk komposit yang dihasilkan dalam penelitian ini, limbah kemasan plastik dapat menjadi bahan produk bangunan dengan estetika yang baik meskipun diproses dengan metode daur ulang sederhana. Pengolahan limbah plastik menggunakan metode fabrikasi dapat diaplikasikan dalam industri daur ulang limbah plastik berskala besar, terutama dalam produksi genteng bubungan plastik di Indonesia. Hasil uji di atas menunjukkan bahwa desain campuran optimal yaitu pada komposisi 40% limbah plastik, 60% resin PBT, dan 13% GF30.

KESIMPULAN

Dalam uji sifat fisik, campuran dengan penurunan limbah plastik, peningkatan PBT, dan kandungan GF30 yang tetap menghasilkan bubungan atap plastik dengan absorpsi air dan porositas yang lebih rendah, mencerminkan kualitas yang lebih baik. Uji sifat mekanik menunjukkan bahwa komposisi optimal adalah 40% limbah plastik, 60% resin PBT, dan 13% GF30, dengan hasil uji dampak dan kekuatan lentur yang memuaskan.

Dari hasil penelitian, limbah kemasan plastik dapat diolah menjadi bahan bangunan dengan estetika yang baik melalui metode daur ulang sederhana. Proses fabrikasi limbah plastik dapat diaplikasikan dalam industri daur ulang limbah plastik berskala besar, khususnya untuk produksi bubungan atap plastik di Indonesia. Temuan ini memberikan landasan untuk penelitian lanjutan, dengan rekomendasi untuk memaksimalkan penggunaan limbah plastik, mengeksplorasi variasi jenis limbah plastik, dan mengembangkan desain bubungan atap plastik yang lebih baik..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Panitia Teknis Industri Kimia Anorganik, *SNI 0096-2007: Genteng Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2007.
- [2] N. Tanwer, S. Vashistha, P. Anand, and B. Khosla, "Plastic Waste Disposal," 2022.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 03-2095-1998: Genteng Keramik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 1998.
- [4] I. Schultz, D. J. Sailor, and O. Starry, "Effects of substrate depth and precipitation characteristics on stormwater retention by two green roofs in Portland OR," *J Hydrol Reg Stud*, vol. 18, pp. 110–118, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.ejrh.2018.06.008.
- [5] K. Ragaert, L. Delva, and K. Van Geem, "Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste," *Waste Management*, vol. 69, pp. 24–58, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.07.044.
- [6] M. Dechet *et al.*, "Spherical Polybutylene Terephthalate (PBT)—Polycarbonate (PC) Blend Particles by Mechanical Alloying and Thermal Rounding," *Polymers (Basel)*, vol. 10, no. 12, p. 1373, Dec. 2018, doi: 10.3390/polym10121373.
- [7] M.-Y. Lyu, Y. Pae, and C. Nah, "Investigation of the Mechanical Properties and Chemical Resistance of PC/PBT/Impact Modifier Blends," *International Polymer Processing*, vol. 18, no. 4, pp. 382–387, Dec. 2003, doi: 10.3139/217.1756.
- [8] G. Uzun and F. Keyf, "The Effect of Woven, Chopped and Longitudinal Glass Fibers Reinforcement on the Transverse Strength of a Repair Resin," *J Biomater Appl*, vol. 15, no. 4, pp. 351–358, Apr. 2001, doi: 10.1106/3C9X-LX30-Q47Q-F9X1.
- [9] Cs. Varga and L. Bartha, "Improving Mechanical Properties of Glass Fibre Reinforced PBT Waste for its Recycling as a Product of Pipe System Elements," *Polymers and Polymer Composites*, vol. 24, no. 8, pp. 609–616, Oct. 2016, doi: 10.1177/096739111602400807.
- [10] A. Schaaf, M. De Monte, C. Hoffmann, M. Vormwald, and M. Quaresimin, "Damage mechanisms in PBT-GF30 under thermo-mechanical cyclic loading," 2014, pp. 600–605. doi: 10.1063/1.4873852.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2013.
- [12] D. V. Rosato and M. G. Rosato, *Injection molding handbook*. Springer Science & Business Media, 2012.