

Prototipe bata lego (*interlock*) berbahan dasar sampah plastik daur ulang jenis polimer HDPE

Muhammad Chaidar Febriansyah^{1*}, Muhammad Attar¹

¹Program Studi Teknik Arsitektur

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 63, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92113

*E-mail: muhammad.chaidar@uin-alauddin.ac.id

Abstrak: Perkembangan industri material terus mencari beragam jenis bahan baku untuk memenuhi kebutuhan pasar terhadap material bangunan. Perkembangan bahan material tidak hanya menggunakan bahan beton dan logam, melainkan juga bisa menggunakan bahan plastik. Di sisi lain, biji plastik juga digunakan sebagai bahan baku pembungkus makanan dan minuman, bahkan penggunaan plastik sebagai pembungkus makanan dan minuman menjadi salah satu penyumbang terbesar yang menyebabkan sampah plastik meningkat pesat. Untuk itu diperlukan sebuah eksperimen untuk meminimalisir penggunaan biji plastik sebagai bahan material dan mulai beralih menggunakan sampah plastik daur ulang menjadi bahan baku utama pada pembuatan bahan material. Penelitian ini menggunakan metode riset dan pengembangan yang biasa disebut R & D (*Research and Development*). Penelitian ini berada pada level 1, karena merupakan penelitian tahap awal untuk menghasilkan produk bata lego berbahan baku sampah plastik daur ulang. Peneliti melakukan penelitian untuk menghasilkan rancangan produk dan menguji validitasnya, tetapi tidak dilanjutkan dengan uji efektivitas dari produk tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, bata lego dengan bahan sampah plastik jenis polimer *High-density Polyethylene* (HDPE) memiliki tekstur cukup kasar yang membuat sudut-sudut tepian bata tidak terlalu tegas dan rata. Namun, bata lego dengan jenis ini memiliki komponen bata yang cukup kuat dan keras. Sedangkan dari segi bentuk, desain prototipe bata lego dianggap sudah dapat mengunci/mengait antar bata dan dapat menahan guncangan sejajar dinding, tetapi belum efektif dalam menahan guncangan tegak lurus dinding.

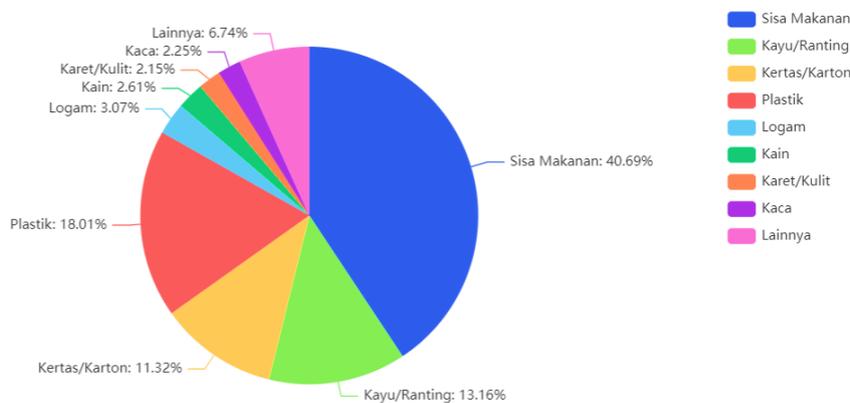
Kata Kunci: bata lego, daur ulang, *High-density Polyethylene*, material bangunan, sampah plastik

Abstract: Development of the materials industry continues to look for various types of raw materials to meet market needs for building materials. The development of materials not only uses concrete and metal, but can also use plastic materials. On the other hand, plastic pellets are also used as raw material for food and drink packaging, in fact the use of plastic as food and drink packaging is one of the biggest contributors to the rapid increase in plastic waste. For this reason, an experiment is needed to minimize the use of plastic pellets as material and start switching to using recycled plastic waste as the main raw material for making materials. This research uses research and development methods which are usually called R & D (*Research and Development*). This research is at level 1, because it is initial stage research to produce Lego brick products made from recycled plastic waste. Researchers conduct research to produce product designs and test their validity, but do not continue with testing the effectiveness of the product. Based on research results, lego bricks made from high-density polyethylene (HDPE) polymer plastic waste have a fairly rough texture which makes the corners of the brick edges not too firm and even. However, this type of lego brick has brick components that are quite strong and hard. Meanwhile, in terms of shape, the lego brick prototype design is considered to be able to lock/hook between the bricks and can withstand shocks parallel to the wall, but is not yet effective in withstanding shocks perpendicular to the wall.

Keywords: lego bricks, recycling, High-density Polyethylene, building materials, plastic waste

PENDAHULUAN

Perkembangan industri material terus mencari beragam jenis bahan baku untuk memenuhi kebutuhan pasar terhadap material bangunan. Perkembangan bahan material tidak hanya menggunakan bahan beton dan logam, melainkan juga bisa menggunakan bahan plastik. Seiring dengan perkembangan tersebut, bahan baku biji plastik semakin dibutuhkan dalam jumlah besar. Di sisi lain, biji plastik juga digunakan sebagai bahan baku pembungkus makanan dan minuman, bahkan penggunaan plastik sebagai pembungkus makanan dan minuman merupakan salah satu penyumbang terbesar yang menyebabkan sampah plastik meningkat pesat. Seperti yang disebutkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam SIPSN (2022), bahwa jumlah total sampah nasional mencapai 34,7 juta ton di tahun 2022 (Gambar 1), 18,01% atau sekitar 6,25 juta ton merupakan sampah plastik. Selain itu di perkirakan setiap tahunnya dunia menghasilkan 330 juta metrik ton sampah plastik, dan hanya sekitar 9% saja yang didaur ulang, 12% dibakar dan sisanya 79% dibuang ke pembuangan sampah (Goli et al., 2020). Sehingga kondisi ini akan menjadi masalah terhadap keberlangsungan lingkungan.



Gambar 1. Persentase komposisi sampah nasional berdasarkan jenis sampah tahun 2022

Beberapa peneliti mengungkapkan bahwa plastik daur ulang dengan bahan tambah lainnya mampu memberikan alternatif untuk dinding eksterior, sehingga dapat memanfaatkan sampah plastik daur ulang sebagai bahan bangunan berkelanjutan (Corinaldesi et al., 2015). Penggunaan plastik pada campuran batu bata akan memberikan hasil yang lebih efektif jika dibandingkan dengan batu bata yang hanya terdiri dari bahan tanah liat (Akinyele et al., 2020). Untuk itu diperlukan sebuah eksperimen untuk meminimalisir penggunaan biji plastik sebagai bahan material dan mulai beralih menggunakan sampah plastik menjadi bahan baku utama pada pembuatan bahan material.

Sampah plastik memiliki beberapa manfaat jika dikelola dengan teknologi daur ulang yang tepat, setelah melalui proses daur ulang, sampah plastik dapat dimanfaatkan kembali sehingga bernilai ekonomi (Rizki, 2023). Selain itu, bahan plastik adalah bahan material yang dapat melunak pada saat dipanaskan, sehingga dapat dibentuk dan dicetak sesuai desain yang diinginkan (Purwaningrum, 2016). Di bidang arsitektur banyak item yang membutuhkan bahan baku material, misalnya tanah liat sebagai bahan baku pembuatan batu merah, batu kapur sebagai bahan baku semen, dan juga aluminium sebagai bahan baku dari spandek atau penutup atap. Akan tetapi, bahan baku tersebut didapat dengan cara mengeksplorasi alam secara berlebihan. Di Indonesia, masih jarang perusahaan industri menggunakan bahan daur ulang sebagai bahan baku utama

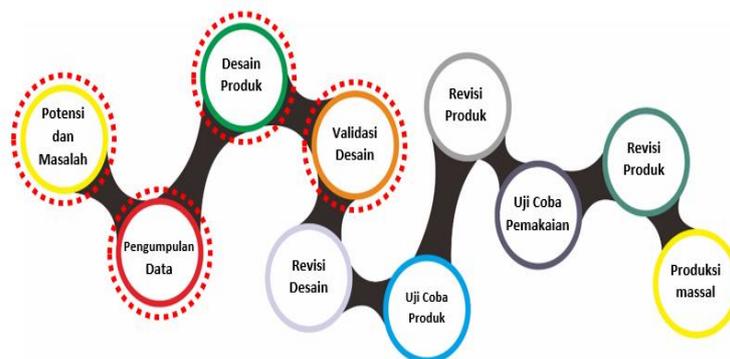
pembuatan material. Hal ini tentunya menjadi pertimbangan untuk melakukan sebuah eksperimen yang mampu menghasilkan material dengan menggunakan bahan baku daur ulang, khususnya daur ulang berbahan dasar sampah plastik. Selain bahan baku, bentuk dari bahan material juga harus didesain dengan baik, agar mampu meminimalisir penggunaan material lainnya pada saat pengaplikasiannya. Contoh nyata adalah, penggunaan material semen, pasir dan air sebagai perekat batu merah pada pekerjaan dinding.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mencari desain bentuk material yang mampu mengurangi penggunaan material tambahan dalam proses pembuatan material bangunan yang berbahan dasar sampah plastik daur ulang. Penelitian ini dapat menjadi solusi untuk meminimalisir penggunaan biji plastik sebagai bahan material dengan memanfaatkan sampah plastik daur ulang. Hal ini juga dapat menjadi solusi untuk penanganan jumlah sampah plastik yang setiap tahunnya mengalami peningkatan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini menggunakan metode riset dan pengembangan (*research and development*). Sugiyono (2013), berpendapat bahwa metode penelitian dan pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan dalam menghasilkan produk tertentu, serta untuk menguji keefektifan dari sebuah produk. Sugiyono (2019) menyatakan bahwa penelitian riset dan pengembangan terdapat 4 level, yaitu: (1) Penelitian dan pengembangan pada level 1 merupakan penelitian untuk menghasilkan rancangan, tetapi tidak dilanjutkan dengan membuat produk atau mengujinya; (2) Penelitian dan pengembangan pada level 2, yaitu peneliti tidak melakukan penelitian, melainkan langsung menguji produk yang ada; (3) Penelitian dan pengembangan pada level 3, yaitu peneliti melaksanakan penelitian untuk merevisi atau mengembangkan produk yang sudah ada, kemudian membuat produk revisi dan menguji keefektifan produk tersebut; dan (4) Penelitian dan pengembangan pada level 4, merupakan penelitian untuk menghasilkan atau menciptakan produk baru serta menguji keefektifan produk tersebut.

Penelitian yang dilaksanakan berada pada level 1, karena merupakan penelitian tahap awal untuk menghasilkan produk bata lego berbahan baku sampah plastik. Peneliti melakukan penelitian untuk menciptakan atau menghasilkan rancangan produk dan menguji validitasnya, tetapi tidak dilanjutkan dengan uji efektivitas dari produk tersebut. Berdasarkan Gambar 1, langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini meliputi: (1) Potensi dan masalah, (2) Pengumpulan Data, (3) Desain Produk sampai langkah ke (4) Validasi desain.

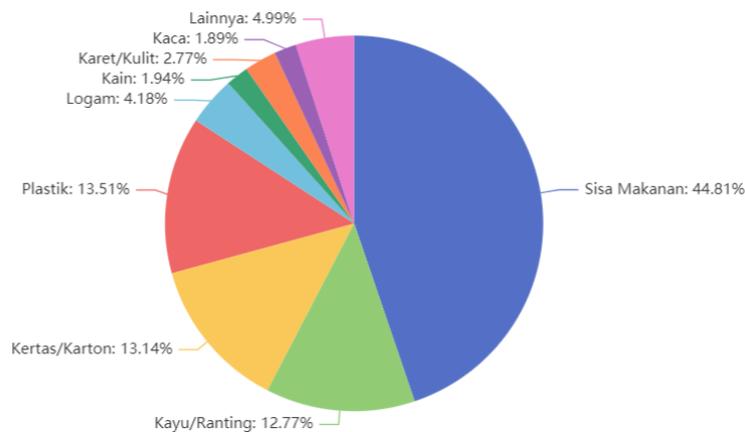


Gambar 2. Langkah-langkah penelitian dan pengembangan level 1

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Potensi dan Masalah

Plastik merupakan benda yang sering dianggap tak bernilai setelah digunakan, sehingga sampah plastik seringkali tidak dikelola dan dimanfaatkan secara baik. Berdasarkan data KLHK pada tahun 2022, jumlah sampah plastik di Sulawesi Selatan pada tahun 2022 berjumlah sekitar 13,51% dari total jumlah sampah yaitu 768 ribu ton atau sekitar 100 ribu ton (Gambar 3). Sedangkan dari total 100 ribu ton sampah plastik di Sulawesi Selatan, Kota Makassar menyumbang 5,26% atau sekitar 5.260 ton sampah plastik.



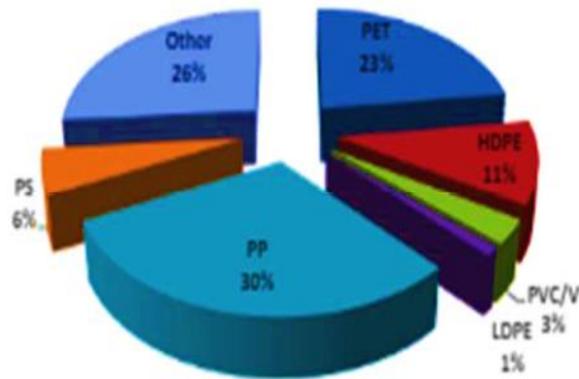
Gambar 3. Persentase komposisi sampah Sulawesi Selatan berdasarkan jenis sampah tahun 2022

Jumlah sampah plastik yang cukup besar menjadi potensi dalam mendapatkan bahan baku material sampah plastik. Akan tetapi, besarnya jumlah sampah plastik tidak sebanding dengan pengurangan sampah tahunan. Tercatat dalam sumber informasi pengelolaan sampah nasional bahwa jumlah pengurangan sampah tahunan di Kota Makassar sebesar 0,74%.

B. Pengumpulan Data

Plastik adalah bahan yang mampu dibentuk menjadi berbagai bentuk apabila terpapar tekanan dan panas. Plastik dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu *thermoplastic* dan *termosetting*. *Thermoplastic* merupakan bahan plastik yang akan melunak dan berubah bentuk jika dipanaskan sampai suhu tertentu dan dapat dibentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Sedangkan, *thermosetting* merupakan bahan plastik yang apabila telah dibuat dalam bentuk padat, maka tidak dapat dicairkan kembali jika hanya dipanaskan (Surono,2013). Berdasarkan sifat kedua bahan plastik tersebut maka thermoplastik menjadi jenis yang dapat digunakan untuk daur ulang. Selain itu, Jenis plastik terbagi menjadi beberapa jenis yaitu *Polyethylene Terephthalate* (PET, PETE), *High-density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC-U), *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene or Styrofoam* (PS).

Berdasarkan persentase komposisi sampah plastik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, ditemukan bahwa komposisi sampah plastik terbanyak adalah jenis *Polypropylene* (PP) sebesar 30%, *Polyethylene Terephthalate* (PET, PETE) sebesar 23% dan *High-density Polyethylene* (HDPE) sebesar 11%. Sehingga, yang akan digunakan pada penelitian ini adalah salah satu dari ketiga jenis plastik tersebut.



Gambar 4. Persentase komposisi sampah plastik berdasarkan jenis

1. Ketersediaan sampah plastik di bank sampah sekitar

Data mengenai ketersediaan sampah plastik pada bank sampah sekitar lokasi penelitian menjadi salah satu hal yang penting pada penelitian ini. Karena akan memudahkan peneliti dalam mendapatkan bahan baku. UD. Muliadi Plastik merupakan salah satu bank sampah yang berada di sekitar lokasi penelitian (Gambar 5). Bank sampah ini menyediakan 3 jenis polimer sampah plastik yaitu jenis *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET, PETE) dan *High-density Polyethylene* (HDPE) (Gambar 6).



Gambar 5. Dokumentasi Bank Sampah UD. Muliadi Plastik

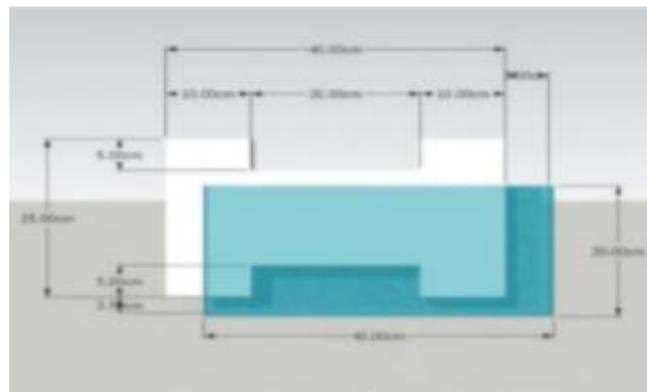
Selain menyediakan sampah plastik yang masih berupa kemasan utuh, bank sampah ini juga memiliki mesin pencacah plastik, sehingga mampu menyediakan sampah plastik yang masih berbentuk kemasan dan yang sudah berbentuk cacahan plastik berukuran 2-3 cm, sehingga dapat menyediakan bahan baku dalam penelitian ini.



Gambar 6. Jenis plastik yang tersedia di bank sampah sekitar

2. Bata lego

Bata lego (*interlock*) merupakan bata dengan sistem pemasangan saling mengunci satu sama lain yang menjadikan pekerjaan pemasangan dinding bata lego tidak membutuhkan mortar sebagai perekat bata dengan bata lainnya (Malahayati, 2020). Keunggulan sistem pemasangan saling mengunci salah satunya adalah bata yang tersusun menjadi kuat akibat saling mengunci satu sama lainnya. Salah satu desain bata *interlock* yang menjadi rujukan adalah bata H atau yang biasa disebut H Brick.



Gambar 7. Desain bata H Brick

Bata H merupakan material dinding yang memiliki bagian kait dan berfungsi sebagai pengunci pergerakan karena adanya gaya. Bata dengan desain bentuk H mampu saling mengunci dan terkait, sehingga tidak merubah bentuk dinding ketika ada guncangan dua arah. Berdasarkan pengumpulan data dan informasi, maka hasil yang ada disimpulkan ke dalam tabel PDS (*Product Design Specification*) sebagai acuan dalam pembuatan bata lego berbahan dasar sampah plastik (Tabel 1).

Tabel 1. PDS (*Product Design Spesification*) yang menjadi acuan pada penelitian

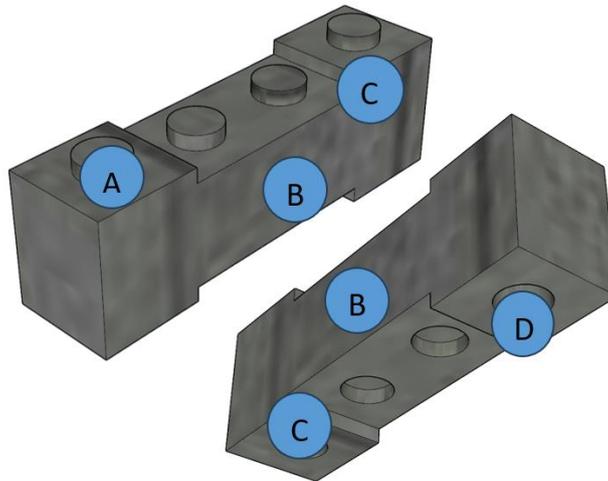
No.	Spesifikasi Desain Produk	Persyaratan
1.	Fungsi	Mampu menjadi material dinding
2.	Jenis material plastik	Sampah plastik jenis <i>thermoplastic</i> yang dapat didaur ulang
3.	Ketersediaan bahan	Tersedia di bank sampah sekitar
4.	Bentuk desain	Memiliki bentuk dengan sistem kunci (<i>interlock</i>)
5.	Berat	Lebih ringan dari bata konvensional
6.	Penggunaan	Dapat terpasang dengan sistem kunci tanpa adukan mortar

C. Desain Produk

Desain produk merupakan langkah yang dilakukan selanjutnya. Bata lego (*interlock*) didesain berdasarkan pertimbangan-pertimbangan pada PDS (*Product Design Specification*). Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses desain meliputi: (1) Desain bata lego (*interlock*), (2) Persiapan bahan sampah plastik bata lego, dan (3) Pembuatan prototipe produk bata lego.

1. Desain bata lego (*interlock*)

Berdasarkan PDS (*Product Design Specification*) dan studi literatur, bata lego didesain dengan sistem kunci dan dapat terpasang satu sama lain tanpa menggunakan adukan mortar. Pada Gambar 8 menunjukkan bagian-bagian bata lego yang telah didesain. Uraian dari fungsi masing-masing dapat dilihat pada Tabel 2.

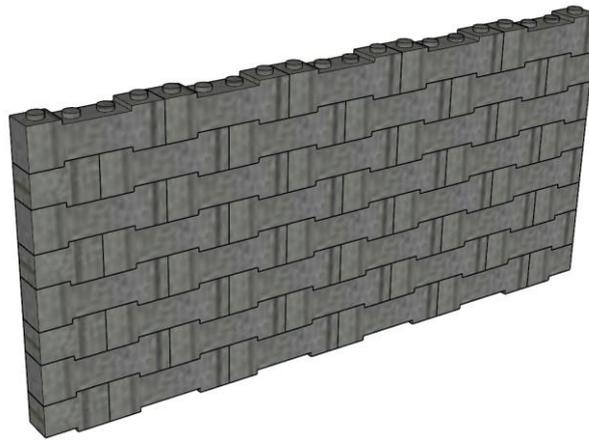


Gambar 8. Dimensi bata lego

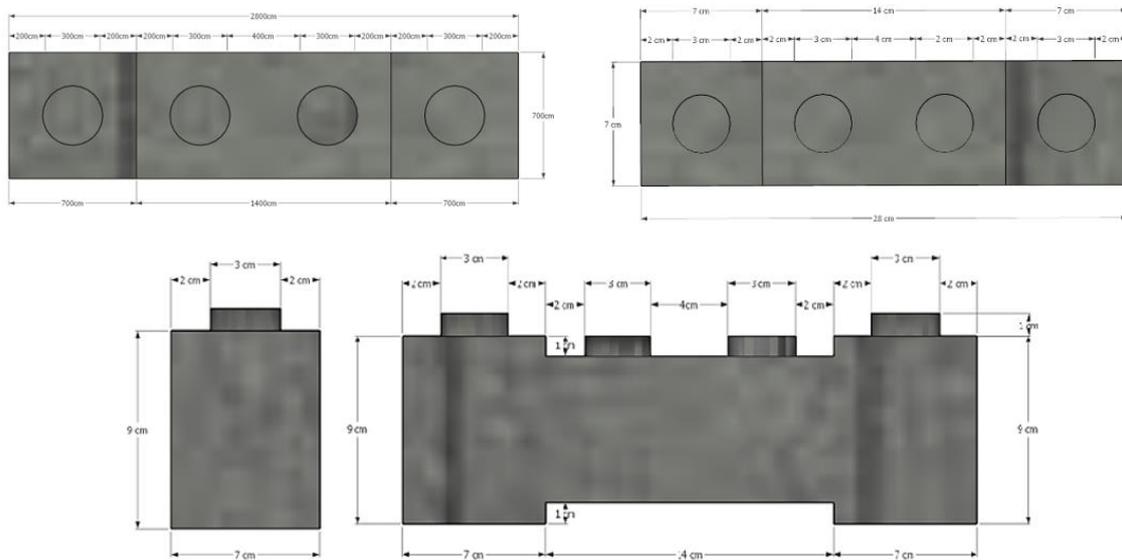
Tabel 2. Uraian fungsi masing-masing bagian bata lego

Kode	Bagian Komponen	Dimensi	Fungsi
A	Tonjolan berbentuk lingkaran	Lingkaran \varnothing 3 cm dengan tinggi 1 cm	Sebagai pengunci tegak lurus
B	Badan bata	Lebar 7 cm dengan panjang 28 cm	Sebagai pengisi bata
C	Kaitan bata	Perbedaan permukaan setinggi 1 cm	Sebagai pengait sejajar antar bata
D	Lubang berbentuk lingkaran	Lingkaran \varnothing 3 cm dengan kedalaman 1 cm	Sebagai pengunci tegak lurus

Gambar 9 merupakan ilustrasi dari penyusunan bata lego menjadi sebuah dinding. Terlihat bahwa desain bata lego yang dibuat dapat saling mengunci satu sama lainnya. Sedangkan pada Gambar 10 menunjukkan dimensi dari bata lego yang telah didesain, terlihat bahwa bata lego ini memiliki bentuk keseluruhan seperti huruf H yang berfungsi sebagai pengunci yang menahan guncangan arah sejajar. Kemudian ditambahkan tonjolan pada bagian atas dan lubang di bagian bawah yang berfungsi sebagai pengunci yang menahan guncangan dari arah tegak lurus dari setiap bata lego yang tersusun.



Gambar 9. Ilustrasi penyusunan bata lego



Gambar 10. Tampak 4 arah desain bata lego

2. Bahan sampah plastik bata lego

Merujuk pada PDS (*Product Design Specification*), studi literatur dan wawancara langsung, bahan bata lego menggunakan kelompok plastik jenis thermoplastik yang tersedia di bank sampah sekitar. Jenis polimer yang digunakan sebagai bahan baku yaitu Jenis *High-density Polyethylene* (HDPE) (Gambar 11) yang memiliki sifat kuat, keras dan dapat melunak pada suhu 75°C.



Gambar 11. Bahan baku sampah plastik jenis polimer *High-density Polyethylene* (HDPE)

3. Pembuatan prototipe produk bata lego

Proses pembuatan prototipe produk bata lego dilakukan dengan beberapa langkah. Langkah-langkahnya yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan

Pembuatan prototipe produk bata lego diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Hal ini bertujuan agar proses pembuatan tidak terhambat dan dapat menghasilkan prototipe produk yang diinginkan. Alat dan bahan yang disiapkan meliputi: (a) Perlengkapan keamanan, (b) Bahan baku sampah plastik, (c) Perlengkapan pelunakan sampah plastik, dan (4) Alat cetak.

2. Proses melunakkan sampah plastik menjadi adonan

Proses melunakkan sampah plastik dilakukan dengan memanaskan sampah plastik di dalam drum bekas yang panaskan di atas tungku. Proses pemanasan itu dilakukan hingga sampah plastik melunak dan berubah bentuk seperti yang diperlihatkan pada Gambar 12. Pada umumnya rantai polimer pada plastik akan mengalami dekomposisi ketika suhu termal berada 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010).



Gambar 12. Proses pelunakan sampah plastik

3. Proses pencetakan bata lego

Proses pencetakan bata lego dilakukan dengan menuangkan adonan bata lego ke dalam cetakan besi yang telah disiapkan dan dioles dengan oli bekas. Setelah itu, adonan sampah plastik dibiarkan hingga mengeras dan tidak berubah bentuk.



Gambar 13. Proses pencetakan bata lego

4. Penyelesaian dan penjemuran

Proses penyelesaian dan penjemuran menjadi bagian terakhir dari pembuatan prototipe bata lego. Bata lego yang sudah mengeras dikeluarkan dari cetakan, kemudian dijemur untuk menyamakan suhu bata lego dengan suhu sekitar.



Gambar 14. Proses penjemuran bata lego

5. Prototipe bata lego (*interlock*)

Prototipe bata lego yang murni menggunakan adonan sampah plastik dengan jenis *Polimer High-density Polyethylene* (HDPE) tanpa menggunakan bahan campuran. Terlihat bahwa keunggulan bata lego jenis HDPE memiliki komponen yang tidak mudah pecah dan saling menyatu. Prototipe ini memiliki kekurangan yaitu tekstur yang cukup kasar seperti yang ditunjukkan Gambar 15, sehingga bentuk dan sudut tepian kurang tegas dan terlihat kurang estetis.



Gambar 15. Prototipe bata lego sampah plastik jenis polimer *High-density Polyethylene* (HDPE)

D. Validasi Desain

Proses validasi desain produk merupakan kegiatan untuk menilai apakah desain yang dibuat sudah berfungsi secara efektif atau masih membutuhkan perbaikan. Desain awal atau produk dikembangkan oleh peneliti bersama-sama atau melibatkan para ahli dan/ atau operator di bidangnya masing-masing. Penilaian ahli adalah perkiraan atau penilaian yang didasarkan pada analisis dan penalaran logis dari peneliti dan pakar (Okpatrioka, 2023). Kegiatan penilaian dilakukan beberapa tahap, untuk penilaian tahap

awal dilakukan oleh tim peneliti yang nantinya akan dilakukan penilaian oleh para pakar dan ahli pada tahap berikutnya di penelitian lanjutan. Proses validasi awal dilakukan bersama-sama oleh tim peneliti menggunakan metode pengujian kualitatif. Pada proses validasi tahap awal ini, didapatkan beberapa masukan yang dapat menjadi bahan diskusi pada proses validasi lanjutan oleh pakar dan ahli. Beberapa masukan tersebut dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rangkuman hasil penilaian awal

Bagian Komponen	Hasil Pengujian Kualitatif
Desain bata lego	Bentuknya sederhana dan dapat tersusun sebagai dinding
4 tonjolan berbentuk lingkaran bagian atas bata sebagai sistem kunci	Sudah cukup baik dan dapat mengunci tetapi belum efektif dalam menahan guncangan tegak lurus dinding, diperlukan pengujian sistem kunci dengan bentuk lain
Sistem kait/kunci badan bata	Sudah baik dan dapat saling mengait/mengunci serta mampu menahan guncangan sejajar dinding
4 lubang berbentuk lingkaran bagian bawah bata sebagai sistem kunci	Sudah cukup baik dan dapat mengunci tetapi belum efektif dalam menahan guncangan tegak lurus dinding, diperlukan pengujian sistem kunci dengan bentuk lain
Bahan baku sampah plastik jenis HDPE murni	Cukup baik, tetapi perlu ditambahkan material campuran untuk mempertegas bentuk sudut bata lego

Berdasarkan rangkuman pengujian awal oleh tim peneliti yang tertera pada Tabel 3, didapatkan bahwa bentuk dan bahan baku dari prototipe bata lego sudah cukup baik, tetapi diperlukan beberapa perubahan dan tambahan untuk meningkatkan kualitas. Rangkuman tersebut akan diajukan pada tahap validasi oleh pakar dan ahli pada penelitian selanjutnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perkembangan bahan material bangunan tidak hanya menggunakan bahan beton dan logam, melainkan juga bisa menggunakan bahan plastik, salah satunya dengan menggunakan sampah plastik yang banyak tersedia di bank sampah. Penelitian awal yang dilakukan terkait pembuatan bata lego menggunakan sampah plastik jenis thermoplastik yang dapat didaur ulang. Bata lego dengan bahan sampah plastik jenis polimer *High-density Polyethylene* (HDPE) yang telah dibuat memiliki tekstur cukup kasar yang membuat sudut-sudut tepian bata tidak terlalu tegas dan rata sehingga dianggap kurang efektif dalam proses penyusunan dinding. Namun, bata lego dengan jenis ini memiliki komponen bata yang cukup kuat dan keras. Sedangkan dari segi bentuk, desain prototipe bata lego dianggap sudah dapat mengunci/mengait antar bata dan dapat menahan guncangan sejajar dinding, tetapi belum efektif dalam menahan guncangan tegak lurus dinding. Untuk itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas bata lego berbahan baku sampah plastik, hingga sampai pada tahapan terakhir pada penelitian untuk menciptakan material bata lego yang dapat digunakan sebagai bahan material alternatif penyusun dinding bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akinyele, J. O., Igba, U. T., & Adigun, B. G. (2020). Effect of waste PET on the structural properties of burnt bricks. *Scientific African*, 7(e00301), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00301>
- Budiyantoro, C. (2010). *Thermoplastik Dalam Industri*. Kendari: Unhalu Press.
- Corinaldesi, V., Donnini, J., & Nardinocchi, A. (2015). Lightweight plasters containing plastic waste for sustainable and energy-efficient building. *Construction and Building Materials*, 94, 337-345.

- <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.069>.
- Goli, V. S. N. S., Mohammad, A., & Singh, D. N. (2020). Application of municipal plastic waste as a Manmade *Neo-construction Material: Issues & Wayforward*. *Resources, Conservation and Recycling*, 161(Goli, V. S. N. S., Mohammad, A., & Singh, D. N. (2020). Application of Municipal Plastic Waste as a Manmade Neo-construction Material: Issues & Wayforward. *Resources, Conservation and Recycling*, 161 (105008), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105008>.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2022). *Komposisi Sampah*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>.
- Linda, R. (2016). Pemberdayaan ekonomi kreatif melalui daur ulang sampah plastik (Studi Kasus Bank Sampah Berlian Kelurahan Tangkeang Labuai). *Jurnal Al-Iqtishad Edisi*, 12(1), 1-19. <http://dx.doi.org/10.24014/jiq.v12i1.4442>.
- Malahayati, N. (2020). *Desain Rumah Menggunakan Material Bata Interlock*. Desember 2020. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Okpatrioka, O. (2023). Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), 86-100.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Trisakti*, 8(2), 141-147. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421>.
- Rizki, P. A., Yushardi, Y., & Sudartik, S. (2023). Daur ulang sampah menjadi barang yang bernilai ekonomis di kalangan masyarakat. *Jurnal Sains Riset*, 13(1), 83-87. <https://doi.org/10.47647/jsr.v13i1.889>.
- Sa'diyah, H. (2018). Daur ulang limbah dalam pandangan hukum Islam. *Jurnal At-Turas*, 5(1), 46-58. <https://doi.org/10.33650/at-turas.v5i1.323>.
- Sugiyono, S. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono, S. (2019). *Metode Penelitian dan Pengembangan*. Bandung: Alfabeta.
- Surono, S. (2013). Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. *Jurnal Teknik*, 3(1), 32-40.
- Winnerdy, F. R., & Laoda, M. (2020). Daur ulang plastik untuk bahan bangunan. *Jurnal Strategi Design & Inovasi Sosial*, 1(2), 157-174.