TA/TL/2024/1942

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK MULTILAYER SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU PEMBUATAN BATAKO DENGAN METODE SOLIDIFIKASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persayaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

ANDRI PANGESTU ASHARI

20513081

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK MULTILAYER SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU PEMBUATAN BATAKO DENGAN METODE SOLIDIFIKASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

ANDRI PANGESTU ASHARI
20513081

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Ir Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.
NIK. 095130404
Tanggal: 10-12-2024

Malik Musthofa, S.T., M.Eng.
NIK. 185111302
Tanggal: 10-12-2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D.
NIK. 155130507
Tanggal: 10-12-2024

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK *MULTILAYER* SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN BAKU PEMBUATAN BATAKO DENGAN METODE SOLIDIFIKASI

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa
Tangggal : 10, Desember, 2024

Disusun Oleh:

ANDRI PANGESTU ASHARI
20513081

Tim Penguji :

Dr. Ir Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. ( )

Malik Musthofa, S.T., M.Eng. ( )

Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.T., IPP ( )

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 10 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



ANDRI PANGESTU ASHARI

NIM: 20513081

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan ialah "**Pemanfaatan Sampah Plastik *Multilayer* Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Batako Dengan Metode Solidifikasi**". Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan ini penulis turut menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta bantuan dalam penyelesaian laporan ini. Oleh karena itu, penulis menyucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan nikmat sehat, ilmu pengetahuan, sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Orang tua penulis, yang telah memberikan dukungan dalam bentuk moral maupun materi serta doa dan kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. dan Bapak Malik Musthofa, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan nasihat serta saran dalam penyusunan laporan tugas akhir.
4. Seluruh dosen, pegawai akedemik, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
5. Pihak Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII, dan pihak Laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia yang sudah mengizinkan dan membantu dalam penelitian tugas akhir.
6. Rekan satu bimbingan topik indeks solid, yakni Diska Shafira dan Muhammad Zian Sulthon yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian tugas akhir.
7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang ikut serta dalam memberikan dukungan baik dari segi moral maupun spiritual

kepada penulis.

Skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun demi pengembangan dimasa yang mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi masyarakat pada umumnya dan kemajuan ilmu pengetahuan pada khususnya.

Wassalamualikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 10 Desember 2024



Andri Pangestu Ashari

ABSTRACT

The inadequate management of plastic waste in Indonesia has become a serious environmental issue due to its non-biodegradable nature. One proposed solution is the utilization of multilayer plastic waste through solidification to produce bricks as building materials. This study examines the quality of bricks made with 2%, 4%, 6%, and 8% multilayer plastic mixtures, as well as a control, with a mixture of cement 1.25 kg and sand 10 kg. The results show that the highest compressive strength, 26 kg/cm² (2.54 MPa), was achieved with the 2% mixture, while the lowest, 9 kg/cm² (0.89 MPa), was found with the 8% mixture. Water absorption tests revealed the highest absorption rate of 12.30% in the 2% mixture and the lowest at 10.09% in the 8% mixture. Based on the analysis of the use of multilayer plastic bricks, it was found that the percentage of multilayer plastic waste reduction is 0.99%. Techno-economic analysis indicates that bricks with multilayer plastic mixtures have a higher selling price compared to conventional bricks, with a base price of IDR 4,823 and a selling price of IDR 5,992 per brick, resulting in a profit of IDR 999 per brick or IDR 399,616 per day. The Break-Even Point (BEP) is reached after selling 174,507 bricks in 1 year and 2 months.

Keywords: bricks, plastic multilayer, solidification, techno-economic

ABSTRAK

Pengelolaan limbah plastik yang kurang memadai di Indonesia menjadi masalah lingkungan yang serius karena sifatnya yang sulit terurai. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah pemanfaatan sampah multilayer melalui metode solidifikasi untuk membuat batako sebagai bahan bangunan. Penelitian ini menguji kualitas batako yang dihasilkan dengan campuran plastik multilayer sebanyak 2%, 4%, 6%, dan 8%, serta kontrol, dengan campuran semen 1,25 kg dan pasir 10 kg. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi sebesar 26 kg/cm² (2,54 MPa) terdapat pada variasi 2%, sedangkan terendah sebesar 9 kg/cm² (0,89 MPa) pada variasi 8%. Uji penyerapan air menunjukkan nilai tertinggi sebesar 12,30% pada variasi 2% dan terendah sebesar 10,09% pada variasi 8%. Dari analisis perhitungan penggunaan batako plastik multilayer didapatkan persentase pengurangan sampah plastik multilayer sebesar 0,99%. Analisis tekno-ekonomi menunjukkan bahwa batako dengan campuran plastik multilayer memiliki harga jual lebih tinggi dibandingkan batako konvensional, dengan harga dasar Rp 4.823 dan harga jual Rp 5.992 per batako, menghasilkan keuntungan Rp 999 per batako atau Rp 399.616 per hari. Nilai Break Even Point (BEP) tercapai pada penjualan 174.507 batako dalam waktu 1 tahun 2 bulan.

Kata Kunci: batako, plastic multilayer, solidifikasi, tekno-ekonomi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....

HALAMAN PENGESAHAN.....

PERNYATAAN.....**Error! Bookmark not defined.**

KATA PENGANTAR i

ABSTRACT..... iii

ABSTRAK..... iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR TABEL..... vii

DAFTAR GAMBAR..... viii

DAFTAR LAMPIRAN..... ix

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian..... 3

1.4 Manfaat Penelitian..... 3

1.5 Ruang Lingkup Penelitian..... 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1 Sampah Plastik *Multilayer* 5

2.2 Pemanfaatan Sampah Plastik dalam Konstruksi 6

2.3 Batako..... 7

2.3.1 Syarat dan Baku Mutu 8

2.3.2 Bahan Penyusun Material Batako..... 10

2.4 Tekno Ekonomi 12
2.5 Penelitian Terdahulu 14
BAB III METODE PENELITIAN 17
3.1 Alur Penelitian 17
3.2 Waktu dan Lokasi 19
3.3 Alat dan Bahan 20
3.4 Prosedur Kerja Alat dan Pembuatan Sampel 22
3.4.1 Prosedur Kerja Alat 22
3.4.2 Pembuatan Sampel dan Tahapan Pengujian 24
3.5 Pengujian Sifat Fisis Batako 30
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Pra percobaan dalam Pembutan Batako 33
4.2 Perhitungan Komposisi Material Batako 34
4.3 Pengujian Kuat Tekan Batako 38
4.4 Pengujian Serapan Air Batako 46
4.5 Konstribusi untuk Lingkungan dibidang Konstruksi 49
4.6 Perhitungan Harga Produk dan Kelayakan Investasi Batako 51
4.4.1 Harga Produksi Batako 51
4.4.2 Analisis Kelayakan Investasi 55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 58
5.1 Kesimpulan 58
5.2 Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 60
LAMPIRAN 63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Dimensi Dan Toleransi 8
Tabel 2. 2 Sifat Fisis 9
Tabel 2. 3 Dimensi Tipe Batako 9
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu 14
Tabel 4. 1 Perbandingan Campuran Batako..... 34
Tabel 4. 2 Jumlah Sampel Uji..... 35
Tabel 4. 3 Kebutuhan Campuran 1 Batako..... 36
Tabel 4. 4 Kebutuhan 1 Kali Cetak..... 37
Tabel 4. 5 Kebutuhan 2 Kali Cetak..... 37
Tabel 4. 6 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi 8% 39
Tabel 4. 7 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi 6% 39
Tabel 4. 8 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi 4% 40
Tabel 4. 9 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi 2% 40
Tabel 4. 10 Hasil Uji Kuat Tekan Variasi 0% 41
Tabel 4. 11 Mutu Kuat Tekan 44
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan Uji Resapan Air..... 46
Tabel 4. 13 Mutu Penyerapan Air Taiap Variasi 48
Tabel 4. 14 Rekapan Pengeluaran Per Hari 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian 18
Gambar 3. 2 Lokasi Pembuatan Dan Pengujian Sampel..... 19
Gambar 3. 3 (A) Alat Press, (B) Cetakan Batako, (C) Sekop 20
Gambar 3. 4 (D) Wadah Ukur Air, (E) Penggaris, (F) Jangka Sorong 20
Gambar 3. 5 (G) Mesin Pencacah Plastik, (H) Alat Pengayak Plastik, (I) Oven.. 21
Gambar 3. 6 (J) Mixer Machine, (K) Alat Timbang, (L) Mesin Uji Kuat Tekan . 21
Gambar 3. 7 (A) Sampah Plastik *Multilayer*, (B) Semen 22
Gambar 3. 8 (C) Pasir, (D) Air..... 22
Gambar 3. 9 Proses Pencacahan Plastik *Multilayer*..... 24
Gambar 3. 10 Proses Pengayakan Plastik 25
Gambar 3. 11 Adonan Yang Sudah Di Mixer..... 26
Gambar 3. 12 Papan Kayu Alas Batako..... 26
Gambar 3. 13 Tuas Beban Cetakan Batako 27
Gambar 3. 14 Batako Sebelum Di Lepas Dari Papan Alas..... 28
Gambar 3. 15 Batako Dalam Tahap Pengeringan..... 28
Gambar 4. 1 Hasil Trial Error 33
Gambar 4. 2 Hasil Setelah Pengujian..... 43
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan 44
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji Penyerapan Air..... 48

DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1 Proses Pencacahan 63
Lampiran 2 Proses Penimbangan Plastik 63
Lampiran 3 Bahan Campuran 64
Lampiran 4 Penakaran Masukan Air..... 64
Lampiran 5 Proses *Mixer* 65
Lampiran 6 Proses Pencetakan 65
Lampiran 7 Pengumpulan Setelah Di Cetak 66
Lampiran 8 Penumpukan Batako Setelah Mengeras 67
Lampiran 9 Proses Pengujian Kuat Tekan 68
Lampiran 10 Proses Perendaman Batako..... 69
Lampiran 11 Proses Oven Pengujian Resapan Air 69
Lampiran 12 Proses Penimbangan Pengujian Resapan Air 70
Lampiran 13 Hasil Benda Uji Kuat Tekan..... 71

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan di negara berkembang khususnya Indonesia yaitu pengelolaan sampah plastik yang masih minim sehingga masih banyak timbunan sampah plastik yang tidak terkelola dengan baik. Masyarakat Indonesia umumnya mengelola sampah dengan cara ditempatkan di pengumpulan sampah sementara sebelum akhirnya dibawa ke pemrosesan akhir (Agni,dkk 2022). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) mencatat terdapat kenaikan jumlah sampah plastik domestik dari 1-5 menjadi 5-10 gram per hari oleh setiap individu (Suryani, 2020). Penumpukan plastik yang mana merupakan bahan yang tidak mudah terurai menyebabkan pencemaran yang serius terhadap ekosistem. Seiring dengan peningkatan konsumsi produk berbahan plastik, volume sampah plastik terus meningkat, menciptakan tantangan besar dalam pengelolaannya. Kurangnya kesadaran masyarakat tentang bahaya plastik serta keterbatasan fasilitas daur ulang memperburuk situasi ini, di mana kebanyakan hanya didaur ulang menjadi *ecobrick* ataupun kerajinan tangan dari kemasan *sachet* yang tentunya belum cukup untuk mengatasi sampah plastik yang terus meningkat.

Sampah plastik dapat digolongkan menjadi sampah *monolayer* dan *multilayer*. Sampah plastik multilayer berasal dari kemasan plastik yang terdiri lebih dari satu lapisan bahan yang berbeda dimana komponennya berlapis untuk membentuk kemasan fleksibel dan dapat melindungi produk dari kontaminan, kotoran, dan bakteri sehingga produk dapat lebih tahan lama. Jenis ini banyak nya berasal dari barang dengan harga yang relatif murah dan sekali pakai, seperti kemasan minuman, makanan, dan perlengkapan rumah tangga (Soares *et al.*, 2022).

Dari keunggulan plastik *multilayer* ini, ternyata jadi ancaman besar bagi lingkungan. Di mana, sampah plastik *multilayer* sangat sulit untuk didaur ulang dikarenakan kemasan plastik ini terdiri dari berbagai lapisan dengan bahan berbeda, sehingga tidak bisa didaur ulang dengan metode yang sama. Alternatif lain yang dapat dilakukan dalam proses pendauran ulang plastik *multilayer* yaitu

mengolah sampah plastik menjadi bahan padat, seperti campuran bahan baku material bangunan, salah satunya batako. Batako merupakan bahan bangunanan pengganti batu bata yang mana tersusun dari komposisi bahan yaitu semen, pasir, dan air. Batako biasanya digunakan dalam konstruksi dinding bangunan *non-structural* (Ni'mah, dkk, 2021). Bahan sampah plastik dapat digunakan dalam pembuatan batako untuk mengurangi kelimpahan sampah plastik *multilayer*. Kelebihan dari pembuatan batako berbahan sampah plastik *multilayer* yaitu dapat menyerap air dengan kadar rendah dan proses pembuatannya yang terbilang ekonomis.

Pemanfaatan plastik *multilayer* sebagai bahan baku tambahan merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan dalam pengurangan agregat halus pada batako. Kualitas dari batako yang dihasilkan setelah penambahan plastik *multilayer* perlu ditinjau dengan metode pengujian sesuai dengan SNI 03-0349-1989 melalui pengujian kuat tekan dan juga penyerapan untuk memastikan bahwa batako yang dihasilkan memenuhi persyaratan untuk mutu serta aman untuk digunakan, di mana hasil yang diperoleh kemudian akan dianalisis jumlah pengurangan timbulan plastik *multilayer* serta terkait harga pokok serta *break-even point* (BEP) dari batako tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan sampah plastik *multilayer* dalam pembuatan batako dilihat dari kuat tekan batako, dan penyerapan air?
2. Bagaimana pengaruh batako plastik *multilayer* terhadap lingkungan dan konstribusi ke lingkungan di bidang konstruksi?
3. Bagaimana dengan penambahan sampah plastik *multilayer* pada pembuatan batako berpengaruh ke nilai jual?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi pengaruh penambahan sampah plastik *multilayer* pada pembuatan batako dilihat dari kuat tekan batako dan penyerapan air pada batako.
2. Menganalisis pengaruh dalam pengaplikasian batako plastik *multilayer* ke lingkungan dan konstribusi nya di bidang konstruksi.
3. Menganalisis pengaruh nilai jual batako dalam penambahan sampah plastik *Multilayer.*

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Meminimalkan jumlah timbulan sampah *multilayer* sehingga mengurangi pencemaran terhadap lingkungan.
2. Penelitian ini bisa digunakan sebagai ilmu pengetahuan dalam pemanfaatan sampah plastik *multilayer* sebagai bahan baku batako.
3. Sebagai inovasi pemanfaatan plastik multilayer sehingga mengurangi timbulan di TPA.
4. Peningkatan pendapatan masyarakat dengan inovasi terbarukan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia
2. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari penelitian yang terdahulu sebagai wawasan dasar pembahasan dan data primer yang didapatkan dari hasil praktek secara langsung di lapangan.
3. Pembuatan batako dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi, UII.
4. Plastik *multilayer* di dapatkan dari hasil setoran masyarakat ke Project B Indonesia.
5. Pencacahan plastik *multilayer* dilakukan di lokasi pemilahan plastik Project B Indonesia.
6. Benda uji menggunakan batako dengan dimensi P x L x T adalah 40 x 19 x 10 cm.
7. Penelitian ini menggunakan campuran semen sebesar 1,25 kg dan pasir 10 kg dengan penambahan plastik *multilayer* dengan variasi 8%, 6%, 4%, dan 2% dari perbandingan semen dan pasir.
8. Pengeringan batako selama 28 hari.
9. Jenis *multilaye*r yang dominan aluminium foil.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Sampah plastik adalah salah satu jenis sampah yang paling umum dan menantang di seluruh dunia. Plastik, yang dikenal karena daya tahan dan keserbagunaannya, sering kali berakhir sebagai limbah karena kurangnya fasilitas daur ulang yang tepat dan metode pembuangan yang berbahaya bagi lingkungan. Plastik dapat bertahan di lingkungan selama ratusan tahun dan terurai menjadi mikroplastik, mencemari tanah, air, dan udara, serta membahayakan kehidupan laut dan kesehatan manusia (Jambeck, J. R., 2015).

Salah satu kategori sampah plastik yang lebih kompleks adalah plastik berlapis-lapis. Plastik *multilayer* adalah jenis plastik yang terdiri dari beberapa lapisan bahan plastik berbeda, seringkali untuk membuat produk lebih tahan terhadap kelembapan, oksigen, dan cahaya. Produk seperti kemasan makanan, teh celup, dan berbagai jenis kemasan minuman seringkali terbuat dari plastik berlapis-lapis. Namun lapisan-lapisan ini membuat plastik berlapis-lapis sulit didaur ulang. Proses pemisahan dan pemrosesan berbagai bahan menjadi semakin kompleks dan memerlukan teknik khusus yang tidak tersedia di fasilitas daur ulang biasa. Akibatnya, plastik berlapis-lapis seringkali berakhir di tempat pembuangan sampah dan merupakan salah satu sumber utama pencemaran plastik di lingkungan (Andrady, A. L., 2011). Penggunaan plastik meningkat akhir-akhir ini yang dapat memberikan dampak buruk terhadap lingkungan (Suliartini,dkk, 2022).

2.1 Sampah Plastik *Multilayer*

Sampah plastik *multilayer* sangat banyak digunakan sebagai bahan kemasan makanan, dan kemasan pewangi pakaian karena plastik tersebut kedap udara, tidak mudah pecah, fleksibel, dan menjaga kualitas makanan tetap aman. Plastik *multilayer* minim untuk di kelola karena plastik ini memiliki susunan lapisan yaitu besi, tembaga, mangan, seng, silikon, dan aluminium (Yasen., dkk 2023).

Sampah plastik *multilayer* tidak bisa di daur ulang menjadi bijih plastik karena pemanasan yang berbeda pada setiap lapisan plastik dimana plastik polyetilen meleleh pada suhu 115 derajat celsius sedangkan pada lapisan aluminium bisa meleleh di suhu 450° C (Riyandini., dkk 2021).

2.2 Pemanfaatan sampah Plastik dalam Konstruksi

Pemanfaatan limbah plastik dalam konstruksi merupakan langkah inovatif yang bertujuan untuk mengurangi dampak negatif limbah plastik terhadap lingkungan dengan memanfaatkannya sebagai bahan campuran untuk membuat material konstruksi karena plastik memiliki karakteristik tahan lama, isolator yang baik untuk panas, dingin dan suara, penghematan energi, ekonomis, memiliki umur yang panjang serta ringan (Sutrisna & Aldrin, 2023). Batako adalah salah satu material konstruksi yang dapat memanfaatkan limbah plastik menjadi suatu bahan campuran dalam proses pembuatannya. Proses pembuatan ini dapat melibatkan teknik solidifikasi atau pencampuran limbah plastik dengan bahan lain untuk meningkatkan kekuatan pada batako (Abdullah, dkk, 2023).

Bahan konstruksi dari limbah plastik umumnya memiliki sifat tahan terhadap cuaca, ringan, dan mudah diproses, yang dapat mempermudah proses konstruksi (Al-Ayyubi & Ikram, 2023). Pada saat ini, banyak sekali konsumen yang memilih batako sebagai dinding rumah dikarenakan ramah lingkungan yang dimana penggunaannya sangat baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaanya lebih cepat, mudah dalam pemasangan karena ukurannya lebih besar dibandingkan bata merah dan harganya yang mudah dijangkau (Hermansyah & Rikayasa, 2023).

Solidifikasi sampah plastik merupakan sebuah proses dimana pencampuran limbah dengan pengikat untuk mengurangi pelepasan kontaminan secara fisik dan kimia. Dengan mengubah limbah dari satu bentuk menjadi bentuk lainnya yang sesuai dan dapat diterima dan digunakan secara aman dalam hal pembangunan (Vaddoriya, 2016). Solidifkasi merupakan kegiatan atau proses penambahan zat aditif atau senyawa lain yang bertujuan untuk memadatkan limbah, penambahan zat

ini dapat berupa semen Portland, atau agregat berupa pasir dan kerikil (Trihadiningrum, 2016). Solidifikasi dapat menjadi salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi sampah plastik yang ada di lingkungan sehingga sampah plastik dapat dimanfaatkan dengan aman (Abdullah, dkk, 2023).

Tujuan dari proses solidifikasi adalah mengonversi limbah dalam hal ini berupa sampah plastik menjadi batako yang memiliki karakteristik kekuatan yang memadai untuk digunakan sebagai bahan bangunan. Keuntungan dari konsep ini tidak hanya terbatas pada pemanfaatan limbah plastik, namun juga membantu mengurangi dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan (Prianggodo, 2007).

2.3 Batako

Batako merupakan salah satu alternatif bahan struktural dinding bangunan yang lebih efisien dibandingkan dengan batu bata merah (Sutrisna & Aldrin, 2023). Batako merupakan bata beton yang dalam proses pembuatannya dilakukan dengan cara mencampur bahan semen, pasir, dan air yang dimana proses pembuatan nya tidak melalui pembakaran (Prianggodo, 2007). Pencetakan batako terdiri dari dua jenis yaitu cetak berlubang dan cetak tidak berlubang. Komposisi dalam pencampuran bahan baku batako dapat mempengaruhi kekuatan dan mutu batako (Abdullah, dkk, 2023).

Proses pembuatan batako dengan metode pemadatan atau *press*, di mana bahan pencampurnya seperti semen, pasir, air, dan serpihan plastik *multilayer*. untuk memastikan bahwa lapisan-lapisan plastik *multilayer* tersebut terikat erat dengan melakukan persentase pencampuran anatara bahan-bahannya. Proses ini meningkatkan kekuatan batako dan memastikan integritas strukturalnya. Pemanfaatan teknologi ini dapat mengatasi terkait dengan daur ulang plastik *multilayer* yang sulit untuk diurai secara efektif.

Batako yang dihasilkan dari teknologi ini memiliki potensi untuk menjadi alternatif yang berkelanjutan dalam industri konstruksi dan mengurangi jumlah

limbah plastik yang masuk ke tempat pembuangan akhir. memberikan solusi yang kuat dan tahan lama dengan terus mengembangkan teknologi ini, kita dapat menciptakan solusi inovatif untuk mengatasi masalah sampah plastik dan mendukung pembangunan berkelanjutan.

Dalam pembuatan batako untuk perbandingan antara pasir dan semen yaitu 7:1 hingga 12:1 tergantung sifat dan karakteristik masing-masing bahan baku yang digunakan. Tambahkan dengan air secukupnya untuk membantu pasir dan semen tercampur dengan merata. Sebelum memproduksi batako secara masal, sebaiknya dilakukan uji coba beberapa kali hingga mengetahui komposisi batako yang pas. Untuk pembuatan batako biasanya menggunakan adukan yang semi-kering dan untuk menghasilkan sifat batako yang semi- kering dengan memercikan air ke adonan yang sudah tercampur hingga menjadi adukan yang sesuai kriteria untuk di cetak (Julianda, 2022).

2.3.1 Syarat dan Baku Mutu

Menurut SNI 03-0348-1989, syarat mutu Bata Beton (Batako) sebagai berikut :

1. Pandangan luar

   Bata Beton tidak terdapat kerusakan seperti retak-retak dan cacat kemudian untuk sudut rusuknya tidak boleh mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Dimensi dan toleransi Dimensi bata beton pejal

Tabel 2. 1 Dimensi dan toleransi

Bata beton pejal	Ukuran normal ± toleransi		
	Panjang	Lebar	Tebal
Besar	400±3	200±3	100±2
Sedang	300±3	150±3	100±2
Kecil	200±3	100±2	80±2

SNI-03-0348-1989

3. Sifat – sifat Fisis

Bata pejal harus mempunyai sifat fisis sebagai berikut :

Klasifikasi Bata Beton

Tabel 2. 2 Sifat Fisis

No	Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata							
			Bata pejal				Bata berlubang			
			I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Kuat tekan rata-rata minimum	Kg/m^2	100	79	40	25	70	50	35	20
2	Kuat tekan bruto benda uji minimum	Kg/m^2	90	65	35	21	65	45	30	17
3	Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

SNI-03-0348-1989

Tipe-tipe batako

Menurut Sukardi, E dan Taundi (1997) terdapat enam pilihan tipe batako yaitu sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Dimensi tipe batako

Jenis	Dimensi			Keterangan
	Lebar	Tinggi	Panjang	
Tipe A	0.2 m	0.2 m	0.4 m	Berlubang (dipakai untuk dinding luar)
Tipe B	0.2 m	0.2 m	0.4 m	Berlubang (dipakai khusus sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan)
Tipe C	0.1 m	0.2 m	0.4 m	Berlubang (dipakai untuk dinding pengisi)
Tipe D	0.1 m	0.2 m	0.4 m	Berlubang (dipakai untuk dinding persegi)

Tipe E	0.1 m	0.2 m	0.4 m	Tidak berlubang (dipakai untuk dindiing pengisi dan untuk hubungan-hubungan sudut dan pertemuan)
Tipe F	0.08 m	0.2 m	0.4 m	Tidak berlubang (Dipakai sebagai dinding pengisi)

2.3.2 Bahan Penyusun Material Batako

Berikut merupakan bahan meterial campuran batako.

1. Semen Portland

   Semen portland adalah semen hidraulis yang dimana hasil dari proses penghalusan klinker yang terdiri dari silikat kalsium yang sifatnya hidraulis dan menggunakan bahan tambahan yaitu gipsum (Safaruddin 2021).

   Dalam penggunaan semen portland di Indonesia menurut SNI 15-2049-2004 dibagi menjadi 5 jenis diantaranya

   - Jenis I (*Ordinary Portland Cement*) semen portland ini biasanya digunakan untuk segala macam konstruksi dan penggunaannya tidak perlu persyaratan khusus seperti syarat pada jenis lainnya. Semen ini mengandung 5% MgO dan 2,5-3% SO3.
   - Jenis II (*Moderate Heat Portland Cement*) semen jenis II ini penggunaannya untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi. Jenis ini lebih banyak mengandung C2S dan lebih sedikit C3A dibanding semen jenis I.
   - Jenis III (*High Early Strength Portland Cement*) penggunaan semen ini dalm keadaan darurat seperti musim dingin dan di pakai untuk beton tekan. Semen ini memiliki kekuatan awal yang tinggi.
   - Jenis IV (*Low Heat Portland Cement*) semen ini

digunakan pada bangunan dengan tingkat hidrasi yang rendah. Kandungan dalam semen ini C3S dan C3A lebih rendah sehingga pengeluaran kalornya lebih rendah.

- Jenis V (*Shulphato Resistence Portland Cement*) dalam penggunaan semen ini digunakan untuk bangunan di lokasi yang kandungan sulfatnya tinggi. Kandungan C3A yang rendah jika dibandingkan dengan jenis lainnya.

2. Agregat Halus

   Pasir yang digunakan dalam pembuatan batako ini berasal dari pasir hasil erupsi gunung merapi. Menurut SNI 03-1750-1990, agregat halus atau pasir adalah partikel mineral yang keras, bentuknya kira-kira melingkar, tajam dan tahan lama, dan ukuran partikel biasanya 0,07 sampai 5 mm.Pada campuran balok beton, agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, serta mengurangi penggunaan semen dan bahan pengikat.

3. Plastik *multilayer* bahan tambahan

   Plastik *multilayer* ialah material yang terdiri dari beberapa lapis dan disatukan. Ada beberapa lapisan plastik *multilayer* diantaranya lapisan pelindung bisa terbuat dari aluminium foil, lapisan struktural ini bahannya polietilena (PE), lapisan perekat dari resin atau polimer, lapisan dekoratif ini biasanya lapisan anti gores, dan lapisan permukaan ini dari plastik yang sifatnya mudah dibentuk.

4. Air

   Air bersih merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam produksi beton dan mortar. Air dalam campuran berperan sebagai media mengaktifkan reaksi semen, dan pasir sehingga menyebabkan keduanya saling terikat.

Persyaratan air yang digunakan sebagai bahan bangunan menurut PUBI 1982 sebagai berikut

- Air yang digunakan adalah air bersih.
- Air tidak mengandung padatan tersuspensi lebih dari 2 gram per liter.
- Air tidak mengandung kotoran, minyak, atau padatan lainnya yang terlihat.
- Air tidak mengandung garam yang dapat melarutkan dan merusak.

2.4 Tekno Ekonomi

Tekno ekonomi merupakan suatu rekayasa yang meliputi besaran proses, pemodelan serta besaran biaya untuk desain produk yang inovatif. Analisis proses ini mencakup investasi dan biaya produksi yaitu dengan mengevaluasi ekonomisnya. Secara umum tekno ekonomi mencakup berbagai aspek mulai dari potensi pasar yang tersedia sampai kapasitas produksi (Ramadhani, 2020). Dalam produksi pembuatan batako ini memiliki harga pokok yang dimana sebagian dari hasil suatu aktivitas. Harga pokok adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk memperoleh penghasilan. Biaya produksi ialah biaya-biaya yang terjadi dalam hubungannya dengan pengolahan bahan baku sampai dengan menjadi barang yang jadi (Ilham, 2013). Penentuan harga pokok produksi meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya *overhead*. Dalam penelitian ini produk yang dihasilkan yaitu batako dimana nilai ekonimis dilihat dari kebutuhan bahan baku yang digunakan.

Batako (Bata beton) yang dicampur dengan sampah plastik dapat meningkatkan sifat isolasi serta mengurangi kebutuhan penggunaan semen dan pasir. Selain itu, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan sampah plastik dapat meningkatkan kekuatan bata beton, sehingga menghasilkan produk yang lebih tahan terhadap tekanan dan pelapukan. Seiring dengan meningkatnya

kesadaran akan isu lingkungan dan keberlanjutan, bata beton yang menggunakan sampah plastik sebagai salah satu komponennya kemungkinan besar akan menarik minat pasar yang semakin peduli terhadap dampak lingkungan. Hal ini dapat membuka peluang baru dalam memasarkan produk bata beton ramah lingkungan. Pemanfaatan campuran plastik dalam proses pembuatan batako akan menambah nilai ekonomis dari sisi produksi. Sehingga akan mendapatkan nilai yang tinggi dan biaya produksi yang rendah karena penambahan sampah plastik *multilayer* pada pencampuran bahan-bahan pembuatan batako.

2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 4 Penelitian terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Penelitian yang akan dilaksanakan
(Sahda, 2023)	Analisis Kualitas Tekan Dan Struktur Mikro Batako Dengan Campuran Abu Terbang	Kesimpulannya semakin besar variasi campuran semakin rendah tingkat kuat tekannya. Dimana variasi 10%-30% dengan komposisi campuran semen 2,03 Kg : pasir 6 Kg : *Fly ash* 3 Kg dapat mengisi porositas yang tersisa pada batako sehingga meningkatkan kuat tekan batako dibandingkan dengan kuat tekan dari batako konvensional.	• Menggunakan material semen dan pasir. • Pengujian kuat tekan pada batako.	• Menguji kuat tekan. • Komposisi campuran 1.25 kg semen : 10 kg pasir dengan penambahan plastik multilayer. • Plastik multilayer sebagai bahan pengganti agregat halus.
(Mahardhika, 2023)	Pengaruh Penambahan Abu Batu Terhadap Karastristik Teknis Dan Ekonomi Batako *(The Influence Of Additional Stone Powder On Physical And Economic Characteristic Of Concrete Block*)	Penambahan abu batako sebagai filter di dalam susunan batako ternyata tidak menampakan adanya trend peningkatan berat volume dan kuat desak batako, pengurangan penyerapan air, dan pengurangan rongga-rongga udara. Hal ini disebabkan oleh sifat gradasi celah yang dimiliki batako selain itu, bahan pasir tidak layak terlebih adanya kerikil-kerikil kecil dalam pasir yang berbeda-beda menghasilkan sifat heterogen pasir.	• Penambahan bahan material lain. • Menghitung volume. • Menghitung penyerapan air.	• Melakukan pengujian berat volume, dan penyerapan air. • Menggunakan agregat halus. • Plastik multilayer sebagai bahan tambahan agregat halus.

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Penelitian yang akan dilaksanakan
(Julianda, 2022)	Analisis Pengaruh Variasi Serat Plastik Terhadap Kekuatan Tekan Dan Impak Dalam Pembuatan Batako	Penambahan plastik terhadap campuran dalam pembuatan batako yang semakin banyak akan membuat batako tersebut semakin rapuh pada uji kuat tekan. Hal ini dikarenakan bahwa plastik sangat sulit untuk merekat terhadap campuran semen dan pasir. Bahwa dalam penambahan plastik yang semakin sedikit akan mendapatkan hasil kuat tekan yang semakin kuat. Variasi campuran plastik 5 gram, 10 gram, 15 gram, dan 20 gram.	• Melakukan uji kuat tekan pada batako. • Semakin banyak plastik dalam batako semakin turun tingkat kuat tekannya.	• Pengujian kuat tekan pada batako setiap variasi • Menggunakan plastik multilayer sebagai tambahan agregat halus.
(Mustakim, Handayani, & Suhandini, 2021	Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai bahan Campuran Batako Dalam Implementasi *Green Manufacturing*	Kualitas batako dengan campuran limbah botol plastik sampel layak digunakan sebagai konstruksi bangunan karena hasil kuat tekan rata-rata yang di dapat adalah 8,756366 (Mpa), sedangkan kuat tekan batako pada umumnya hanya 3-5 Mpa. Komposisi batako yang optimal dan memiliki kuat tekan rata-rata dari 3 replikasi pada sampel 8 (13,5275 Mpa) dimana memiliki komposisi semen dan agregat (1:07), air dan semen (40% : 60%), limbah botol plastik (25%), pasir dan abu batau (60% : 40%), sehingga dengan nilai kekuatan 13,5275 Mpa komposisi ini layak untuk digunakan.	• Pembuatan batako dengan pengujian kuat tekan. • Komposisi yang tepat antara semen, pasir dan plastik.	• Melakukan pengujian kuat tekan sesuai standar. • Komposisi material harus sesuai standar.

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Penelitian yang akan dilaksanakan
(Ramadhani, 2020)	Analisis Tekno ekonomi pengolahan sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan bata plastik	Perhitungan biaya tetap dan biaya tidak langsung. Dalam penelitian ini diketahui juga harga pokok produksi kemudian menghitung *Break Event Point* (BEP).	• Menghitung biaya produksi • Menghitung *Break Event Point* (BEP).	• Melakukan perhitungan harga produksi kemudian menghitung *Break Event Point* (BEP).

Berdasarkan penelitian terdahulu, diketahui bahwa perbedaan dari penelitian yang dilaksanakan yaitu pada jenis plastik yang digunakan, variasi sampel, kontribusi untuk lingkungan, dan metode pembuatan karena penelitian terdahulu membuat sampel dengan metode pembuatan konvesional sedangkan penelitian yang dilaksanakan menggunakan alat *press* batako. Dalam penelitian yang dilaksanakan komposisi campuran dalam pembuatan batako antara semen, pasir yang berbeda dari penelitian terdahulu.

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif yaitu suatu metode yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data berupa angka tujuannya untuk mengukur, mengidentifikasi dan menguji.

Laporan ini memberikan gambaran mengenai Pemanfaatan plastik *multilayer* sebagai alternatif bahan baku pembuatan batako dengan metode solidifikasi di lokasi pengambilan sampah plastik *multilayer*.

3.1 Alur penelitian

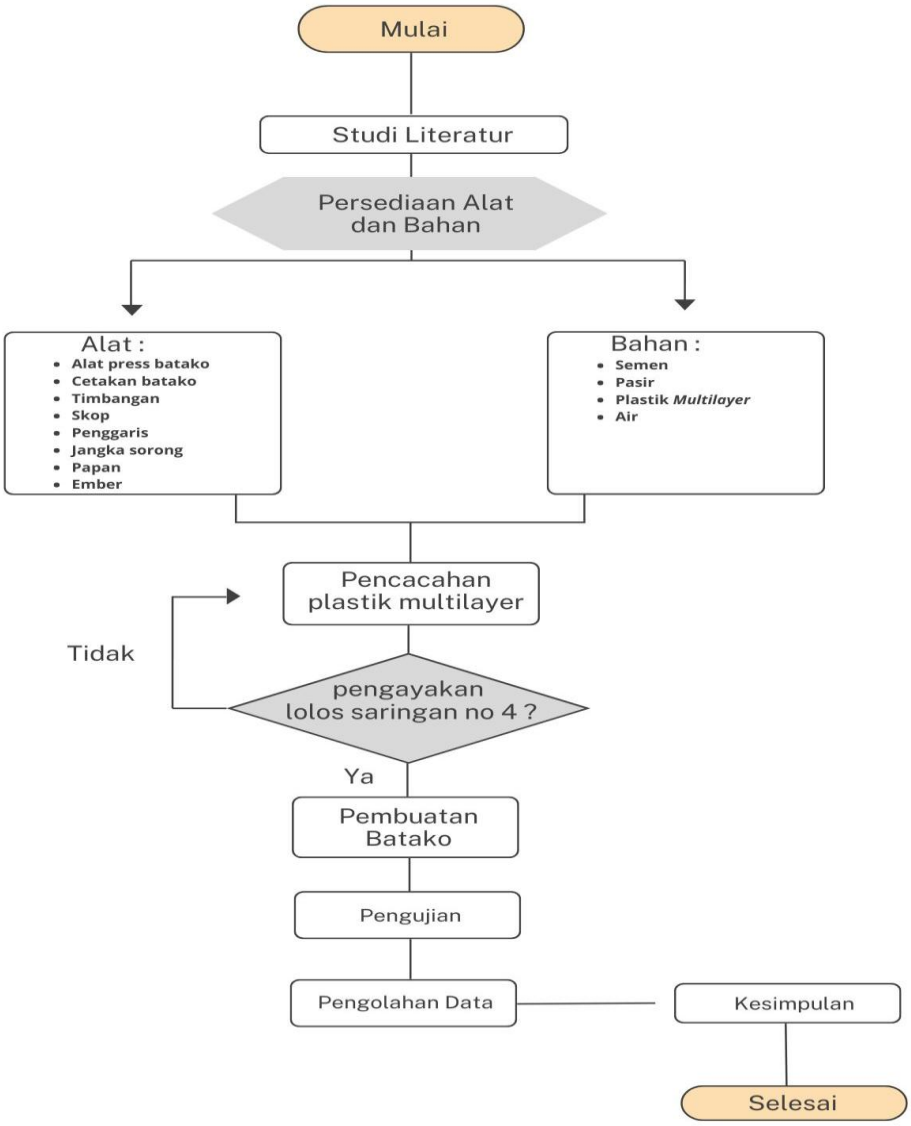
Penelitian ini dimulai dari studi literatur dengan mencari dan mengumpulkan teori-teori dan hasil penelitian terdahulu yang akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini. Kemudian persedian alat dan bahan dalam penelitian ini dianataranya alat pencacah plastik, alat pencetak batako, dan alat penguji kualitas batako. Sedangkan bahan dalam penelitian ini mancakup plastik *multilayer* sebagai bahan yang akan di manfaatkan dalam campuran material batako selain itu ada semen, pasir, dan air.

Alat dan bahan sudah diketahui kemudian melakukan pencacahan plastik dengan alat pencacah sampai mendapatkan ukuran plastik *multilayer* yang lolos saringan no 4 jika belum memenuhi ukuran dilakukan pencacahan ulang sampai mendapatkan ukuran sesuai dengan ukuran butiran kecil dari 3/16 inci atau <4,75 mm (lolos saringan no 4).

Plastik *multilayer* cukup kemudian dilakukan pembutan batako dengan variasi campuran plastiknya yaitu 8%, 6%, 4%, 2%, dan variasi kontrol dengan perbandingan semen 1,25 kg dan pasir 10 kg. Batako di keringkan selama 28 hari sebelum melakukan pengujian di laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia. Dalam penelitian ini ada 2 metode pengujian yaitu uji kuat tekan dan uji serap air. Selanjutanya mengolah data hasil dari pengujian dengan menghitung nilai

kuat tekan batako dan serap air apakah sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dan membuatnya dalam bentuk laporan. setelah itu membuat kesimpulan dan saran dari hasil perhitungan dan pembahasan dalam laporan dan selesai.

Tahapan Penelitian dari mulai sampai selesai penelitian



Gambar 3. 1 Tahapan penelitaian

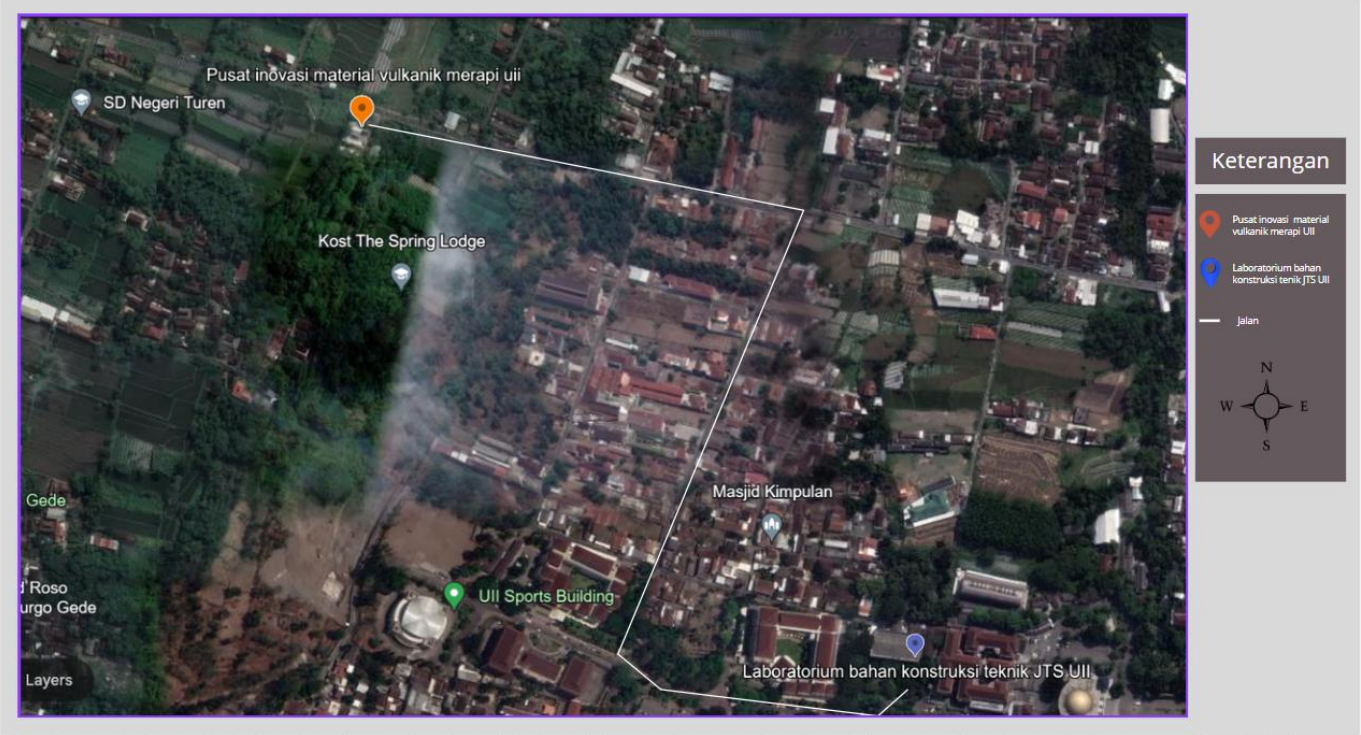
3.2 Waktu dan Lokasi

A. Waktu penelitian

Penelitian akan dilakukan April 2024 – Agustus 2024.

B. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian adalah di lokasi pengambilan sampah plastik *multilayer*, Pusat inovasi material vulkanis merapi UII, dan di laboratorium Teknik sipil di Universitas Islam Indonesia, Krawitan, umbulmartani, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



Gambar 3. 2 Lokasi pembuatan dan pengujian sampel

3.3 Alat dan Bahan

1. Alat Pencetak Batako



(A)



(B)



(C)

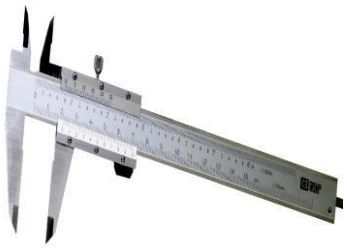
Gambar 3. 3 (A) Alat Press, (B) Cetakan Batako, (C) Sekop



(D)



(E)



(F)

Gambar 3. 4 (D) Wadah Ukur Air, (E) Penggaris, (F) Jangka Sorong



(G)



(H)



(I)

Gambar 3. 5 (G) Mesin Pencacah Plastik, (H) Alat Pengayak Plastik, (I) Oven



(J)



(K)



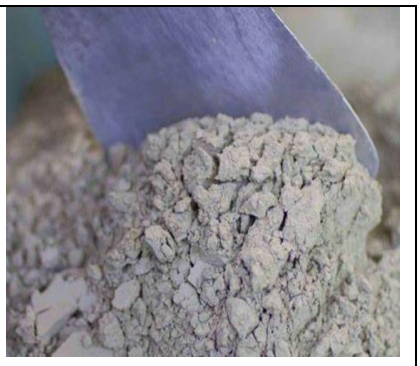
(L)

Gambar 3. 6 (J) *Mixer Machine*, (K) Alat Timbang, (L) Mesin Uji Kuat Tekan

2. Bahan-bahan



(A)



(B)

Gambar 3. 7 (A) Sampah plastik *Multilayer*, (B) Semen



(C)



(D)

Gambar 3. 8 (C) Pasir, (D) Air

3.4 Prosedur kerja alat dan pembuatan sampel

3.4.1 Prosedur kerja alat

- Prosedur kerja alat *press* batako sebagai alat pemadatan bertujuan untuk menghasilkan batako dengan kepadatan yang sesuai, sehingga memiliki kekuatan dan ketahanan yang dibutuhkan.
- Prosedur kerja alat cetak batako sebagai alat untuk mencetak batako dalam bentuk yang diinginkan. Ada beberapa komponen utama yaitu bingkai cetak sebagai wadah untuk menampung campuran dan pengangkat

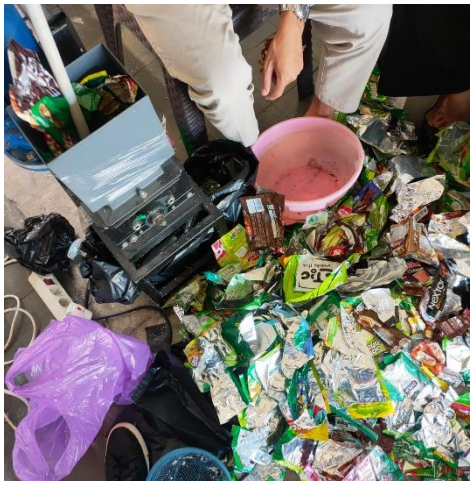
batako berfungsi untuk mengeluarkan batako dari cetakan dengan mudah.

- Prosedur kerja sekop sebagai alat pengangkut pasir, semen dan berfungsi sebagai pengaduk bahan campuran.
- Wadah ukur air untuk mengukur kebutuhan air dalam campuran bahan material batako.
- Prosedur kerja penggaris untuk mengukur panjang, lebar, dan tinggi batako yang sudah tercetak.
- Prosedur kerja jangka sorong untuk mengukur ketebalan batako yang akan di uji.
- Prosedur kerja alat pencacah plastik yaitu untuk memotong plastik menjadi serpihan yang kecil sesuai kebutuhan.
- Prosedur kerja alat pengayak plastik sebagai pemisah antara ukuran plastik yang di butuhkan dan plastik dengan ukuran masih besar.
- Prosedur kerja oven untuk mengeringkan sampel batako untuk pengujian penyerapan air.
- Prosedur kerja *mixer machine* berfungsi sebagai pencampur bahan penyusun batako.
- Prosedur kerja alat timbangan untuk menimbang pasir, semen, dan plastik multilayer yang akan di uji.
- Prosedur kerja mesin uji tekan beton sebagai alat uji tingkat tekanan batako.

3.4.2 Pembuatan sampel dan tahapan pengujian

Pada pelaksanaan pembuatan sampel berikut merupakan tahapan-tahapan dilakukan diantaranya pekerjaan persiapan, tahap pencampuran, tahap percetakan, perawatan benda uji, dan tahapan pengujian. Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan batako dengan plastik *multilayer*.

1) Persiapan
    a) Pembersihan dan pemilahan plastik *multilayer* sebelum dilakukan pencacahan.
    b) Pencacahan plastik *multilayer* dilakukan untuk mendapatkan serpihan plastik sesuai dengan ukuran agregat halus.



Gambar 3. 9 Proses pencacahan plastik *multilayer*

    c) Pengayakan plastik *multilayer* dilakukan untuk mendapatkan ukuran yang di butuhkan.



Gambar 3. 10 Proses pengayakan plastik

d) Penyiapan bahan campuran batako seperti semen dan pasir.
e) Mengukur berat bahan campuran batako sesuai variasi.

2) Tahap pencampuran bahan material batako
   a) Melakukan pembersihan *mixer machine* sebelum digunakan dengan air ke setiap sisi *mixer machine* agar pada pengadukan tidak adanya kotoran yang mempengaruhi campuran.
   b) Melakukan penimbangan komposisi campuran sesuai variasi seperti semen 1,25 kg dan pasir 10 kg sedangkan dengan campuran plastik *multilayer* semen 1,25 kg : pasir 9,2 kg : plastik *multilayer* 0,8 kg.
   c) Masukan pasir ke dalam *mixer machine* dengan perbandingan yang sudah di timbang dan variasi setiap sampel. Kemudian tambahkan air secara berkala sampai campuran sudah pas di tandai dengan campuran jika digenggam memakai telapak tangan untuk mengetahui apakah campuran mudah dicetak.



Gambar 3. 11 Adonan yang sudah di mixer

d) Campuran bahan sudah tercampur merata dengan waktu pengadukan selama <10 menit dan tampak homogen. Kemudian di keluarkan dari *mixer machine* dengan membuka penutup lobang bagian bawah.

3) Tahap pencetakan

a) Cetakan batako yang digunakan yaitu cetakan besi dalam pencetakan alat cetak diposisikan tegak sesuai dengan tinggi cetakan batako yaitu 20 cm.

b) Papan kayu diletakan dibawah cetakan batako sebagai alas di dalam mesin *press* berpenggetar. Pada papan kayu dilapisi galvalum agar tidak terjadi penyerap air pada saat batako di *press*.



Gambar 3. 12 Papan kayu alas batako

c) Memasukan adonan campuran ke dalam cetakan batako sampai penuh. Nyalakan *vibrator* pada alat untuk meratakan adonan yang dimasukan dan menjadi padat sebalum di press.
d) Dalam melakukan penggetaran pada mesin tidak boleh terlalu lama, agar semen, pasir, plastik tidak bergerak atau mengalir kebawah secara gravitasi sehingga mengisi lapisan di bawah. Lalu lakukan press pada adonan.
e) Proses *press* pada batako dilakukan dengan melepaskan tuas beban ke permukaan batako yang didalam cetakan kemudian mesin di getarkan selama 4-6 detik. Berikut tuas beban yang menekan adonan dalam cetakan batako.



Gambar 3. 13 Tuas beban cetakan batako

f) Setelah adonan sudah padat mesin kemudian dihentikan bergetar dan cetakan diangkat untuk selanjutnya batako diletakan pada tempat yang teduh.



Gambar 3. 14 Batako sebelum di lepas dari papan alas

g) Setelah batako berumur 1 hari batako bisa dilepaskan dari papan kayu alas setelah itu di tumpuk pada tempat yang teduh, lembab dan tidak terkena hujan sehingga proses hidrasi antara semen dan air dapat berlangsung dengan sempurna.



Gambar 3. 15 Batako dalam tahap pengeringan

4) Perawatan batako

Perawatan batako dilakukan satu hari setelah pencetakan batako. Pada umur 1 hari setelah batako dirasa sudah cukup keras, batako yang sudah dilepas dari papan kayu kemudian batako disusun sesuai variasi. Batako

di diamkan selama 28 hari sebelum dilakukan pengujian agar batako kering sempurna agar tidak terjadi keretak atau pecah pada batako.

5) Pengujian batako

Pada pengujian dilakukan untuk dapat mengetahui karaktristik dan kualitas batako yang dihasilkan dari variasi pencampuran. Pengujian dilakukan setelah batako berumur 28 hari. Pengujian dilaboratorium harus dilakukan sesuai dengan metode pengujian yang baik dan benar.

a) Pengujian berat volume batako

Pengujian berat volume batako dilakukan masing-masing setiap varaisi dengan menngunakan alat timbang dan penggaris di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Isalam Indonesia.

Dalam pengujian berat volume batako dengan mengukur dimensi batako setiap variasi dengan menentukan panjang, tinggi, dan tebal batako. Kemudian melakukan penimbangan batako dengan alat timbang untuk menentukan berat batako.

b) Pengujian kuat tekan

Pada pengujian kuat tekan setiap variasi sebanyak 3 buah batako dengan menggunakan alat uji kuat tekan di Laboratorium Teknik Bahan Konstruksi, Universitas Islam Indonesia.

Dalam melakukan pengujian ini benda uji diletakan pada alat uji kuat tekan kemudian menyalakan mesin alat kuat tekan setelah itu pembeban pada benda uji dimulai setelah itu catat pembeban dan penurunan pada setiap interval pembacaan dial dan dilakukan terus menerus secara bertahap hingga sampel retak ataupun sampai hancur.

c) Pengujian penyerapan air

Pada pengujian penyerapan air batako setiap variasi 2 sampel batako direndam dalam bak air selama 24 jam. Setelah batako di rendam selama 24 jam batako di angkat dan dilakukan penimbangan untuk mendapatkan berat basah pada batako.

Batako yang sudah di timbang dimasukan ke dalam oven dengan suhu 100°C untuk masa pengeringan selama 24 jam. Batako yang sudah kering kemudian di timbang untuk mendapatkan berat kering pada batako.

3.5 Pengujian sifat fisis batako

Pengujian batako dilakukan untuk mengetahui kualitas batako yang telah melalui proses pencetakan. Menurut SNI 03-0349-1989 tentang batako untuk pasangan dinding, pengujian yang dilakukan terhadap bata beton meliputi uji kuat tekan, dan uji penyerapan air.

1. Pengukuran benda uji

   Dalam menentukan ukuran benda uji diambil 5 buah benda uji utuh sesuai SNI 03-0349-1989.Alat ukur yang digunakan adalah kaliper/mistar sorong yang dapat mencapai ketelitian sampai 1 mm, setiap pengukuran panjang, lebar, dan tebal batako.

2. Pengujian kuat tekan

   Dalam pengujian kuat tekan suatu bahan pembanding besarnya beban maksimum yang dapat ditahan dengan luas penampang. Kuat tekan batako mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur yang semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikhendaki, semakin tinggi pula mutu batako yang dihasilkan (Sandy, 2019).

   Menurut SNI 03-0349-1989, digunakan 5 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan, dan SNI 1974-2011 di sebutkan bahwa kuat tekan bata beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Kuat\ tekan\ beton, \sigma = \frac{p}{A}$$

Keterangan :

P : Gaya tekan aksial, Newton

A : Luas penampang melintang, mm^2

3. Uji penyerapan air

Penyerapan air oleh batako sangat dipengaruhi oleh oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada batako tersebut. Semakin besar dan banyak rongga (pori-pori) yang terdapat di batako maka semakin besar pula penyerapan airnya sehingga dalam pembuatan batako harus diperhatikan komposisi material penyusunnya (Sandy, 2019).

Tujuan dari uji penyerapan air adalah untuk mengukur persentase penyerapan air beton dalam kondisi keras. Standar yang digunakan dalam pengujian ini adalah SNI 03-6433-2016 dan dirumuskan sebagai berikut :

$$Daya\ serap\ air = \frac{(B - A)}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Massa benda uji kering

B : Massa benda uji kering-permukaan di udara setelah perendaman.

Teknik pengumpulan data :

1. Observasi Lapangan

   Observasi lapangan yang dilakukan adalah dengan pengamatan langsung identifikasi jumlah sampah plastik *multilayer* dan tempat melakukan pencetakan batako.

2. Studi Pustaka

   Data sekunder diperoleh melalui laporan-laporan penelitian yang sudah ada serta sumber lain yang berhubungan dengan pemanfaatan plastik sebagai bahan baku batako yang ramah lingkungan.

3. Pengukuran fisik

   Sampel batako yang sudah jadi dari bahan pencampuran tersebut selanjutnya dianalisis di antaranya pengukuran kekuatan batako, dan penyerapan air.

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan studi eksperimental produk batako plastik *multilayer* yang dilaksanakan di Laboratorium bahan konstruksi (BKT) Universitas Islam Indonesia dan Pusat Invovasi Material Vulkanik Merapi (PIMVM) Universitas Islam Indonesia. Pengujian sampel batako plastik *multilayer* melalui proses analisis berupa uji kuat tekan, dan uji penyerapan air. Berikut hasil penilitian yang di lampirkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.1 Pra percobaan dalam pembutan batako

Dalam pembutan batako dilakukan percobaan untuk menentukan variasi campuran plastik *multilayer*. sebelum mendapatkan variasi yang sudah di tentukan dalam penelitian ini menggunakan variasi perbandingan 1,25 kg semen : 7,87 kg pasir : 0,875 kg plastik *multilayer* pencampuran ini merupakan variasi 10%. Percobaan pembuatan dengan variasi 10% ternyata gagal dikarenakan kadungan plastik *multilayer* dalam batako terbilang banyak dan tingkat kemerakatn kurang berikut merupakan hasil percobaan dalam pembuatan batako.



Gambar 4. 1 Hasil trial error

Dari hasil percobaan variasi yang lebih besar yaitu 10% dari variasi tersebut batako yang di cetak tidak bisa terbentuk maksimal melainkan retak

dan hancur setelah alat cetak di angkat dalam hal ini variasi palstik *multilayer* dikurangi menjadi variasi 8%, 6%, 4%, 2%, dan 0%.

4.2 Perhitungan Komposisi Material Batako

Adapun kebutuhan campuran dalam pembuatan batako yaitu semen, pasir, plastik *multilayer*, dan air dimana kebutuhan campuran ini digunakan perbandingan berat pada setiap material pencampuran perhitungan dalam campuran batako sebagai berikut.

1. Kebutuhan benda uji

   Kebutuhan benda uji yang diperlukan dapat diketahui dari berat batako dimana kebutuhan ini digunakan untuk campuran material pada setiap variasi benda uji. Berikut merupakan perbandingan campuran batako plastik *multilayer* dapat di lihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4. 1 Perbandingan campuran batako

Perbandingan campuran 1.25 : 10					
Variasi	Semen	Pasir	Plastik M	Total Berat	Jumlah sampel
	Kg	Kg	Kg	Kg	Buah
I	1.25	9.2	0.8	11.25	1
II	1.25	9.4	0.6	11.25	1
III	1.25	9.6	0.4	11.25	1
IV	1.25	9.8	0.2	11.25	1
V	1.25	10	0	11.25	1

Contoh perhitungan perbandingan campuran

Semen = 1,25 kg

Pasir = P kontrol – persentase plastik

= 10 – 8%

= 9,2 kg

Plastik m = 10 – 9,2

= 0,8 kg

Penambahan plastik *multilayer* dilihat dari pengurangan pasir karena plastik *multilayer* sebagai peganti agregat halus dan untuk semen jumlah nya sama di setiap variasi.

Diatas ini merupakan nilai campuran benda uji yang menghasilkan 1 buah batako. Dalam pencampuran ini dimana pengurangan agregat halus diganti dengan palstik *multilayer* sedangkan untuk semen tidak di kurangkan setiap variasi mengandung 1,25 kg semen. Karena di pembuatan sebelumnya menggunakan 1 kg semen batako nya kurang merekat dengan baik. Tabel di atas ini merupakan perbandingan 1,25 kg semen : 10 kg pasir untuk per satu batako. Kebutuhan menyesuaikan dengan mengalikan jumlah batako yang di cetak. Berikut merupakan jumlah batako yang di cetak sebanyak 32 benda uji.

Tabel 4. 2 Jumlah sampel uji

Variasi	Uji kuat tekan	Uji serap air	Total
8%	5	3	8
6%	5	3	8
4%	5	3	8
2%	5	3	8

Kebutuhan benda uji per variasi sebanyak 8 buah benda uji pada uji kuat tekan sebanyak 20 benda uji sedangkan di uji kuat tekan sebanyak 12 benda uji yang akan diujikan, karena terdapat beberapa benda uji yang rusak dan tidak layak di uji. Sedangkan batako yang bisa di uji sebanyak 20 buah dimana 12 untuk uji kuat tekan dan 8 uji serap air.

2. Kebutuhan campuran batako

   Pada penilitian ini kebutuhan campuran dapat dari proses penimbangan material dilakukan dengan bertujuan untuk sebagai patokan berat benda uji.

   a. Kebutuhan material 1 variasi batako 1 kali cetak

      1) Kebutuhan semen = 1,25 x 4
         = 5 kg
      2) Kebutuhan pasir = 9,2 x 4

= 36,8 kg

3) Kebutuhan plastik m = 0,8 x 4

= 3,2 kg

4) Kebutuhan plastik per variasi 2 kali cetak

- Variasi kontrol = 0 x 0

  = 0 kg

- Variasi I (8%) = 3,2 x 2

  = 6,4 kg

- Variasi II (6%) = 2,4 x 2

  = 4,8 kg

- Variasi III (4%) = 1,6 x 2

  = 3,2 kg

- Variasi IV (2%) = 0,8 x 2

  = 1,6 kg

Total kebutuhan plastik multilayer yaitu 16 kg untuk 2 kali cetak batako yang menghasilkan 32 buah batako.

Tabel 4. 3 Kebutuhan campuran 1 batako

Kebutuhan 1 buah batako							
Variasi	Campuran 1 Batako	volume 1 sampel cm^3	Semen	Pasir	Plastik M	Berat Total	Kebutuhan air
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
I	1,25:9,2:0,8	7200	1.25	9.2	0.8	11.25	1.25
II	1,25:9,4:0,6	7200	1.25	9.4	0.6	11.25	1.125
III	1,25:9,6:0,4	7200	1.25	9.6	0.4	11.25	1.125
IV	1,25:9,8:0,2	7200	1.25	9.8	0.2	11.25	1.0625

Tabel 4. 4 Kebutuhan 1 kali cetak

Kebutuhan 1 kali Cetak							
Variasi	Campuran 1 Batako	volume 1 sampel cm^3	Semen	Pasir	Plastik M	Berat Total	Kebutuhan air
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
I	1,25:9,2:0,8	7200	5	36.8	3.2	45	5
II	1,25:9,4:0,6	7200	5	37.6	2.4	45	4.5
III	1,25:9,6:0,4	7200	5	38.4	1.6	45	4.5
IV	1,25:9,8:0,2	7200	5	39.2	0.8	45	4.25

Tabel 4. 5 Kebutuhan 2 kali cetak

Kebutuhan 2 kali cetak							
Variasi	Campuran 1 Batako	volume 1 sampel cm^3	Semen	Pasir	Plastik M	Berat Total	Kebutuhan air
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
I	1,25:9,2:0,8	7200	10	73.6	6.4	90	10
II	1,25:9,4:0,6	7200	10	75.2	4.8	90	9
III	1,25:9,6:0,4	7200	10	76.8	3.2	90	9
IV	1,25:9,8:0,2	7200	10	78.4	1.6	90	8.5
Total			40	304	16	360	36.5

Pada tabel dengan keterangan campuran batako merupakan nilai perbandingan antara semen, pasir, dan plastik *multilayer* per 1 buah batako dimana di setiap variasi memiliki persentase jumlah pasir dan plastik *multilayer* yang berbeda. Di setiap tabel merupakan perhitungan kebutuhan per 1 buah batako, kebutuhan 1 kali cetak batako, dan kebutuhan 2 kali cetak batako.

4.3 Pengujian Kuat Tekan Batako

Dalam pengujian kuat tekan, dilakukan pengujian terhadap 15 sampel yang terdiri dari 3 sampel untuk setiap variasi. Pengujian ini menggunakan mesin Universal Testing Machine dengan kapasitas 200 ton yang tersedia di laboratorium BKT Universitas Islam Indonesia. Setiap sampel diuji untuk menentukan luas penampang dan kuat tekan batako. Pengujian dilakukan setelah batako berumur 28 hari dan disimpan pada suhu ruang untuk mencapai nilai kuat tekan maksimum. Kuat tekan batako dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk campuran bahan seperti air, semen, pasir, metode pembuatan, dan rasio campuran. Sesuai dengan SNI 03-0349-1989 mengenai bata beton berlubang untuk pemasangan dinding, kuat tekan minimum yang diperlukan adalah 20 Kg/cm². Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. 6 Hasil uji kuat tekan variasi 8%

Kode Sampel		Dimensi			Usia Sampel (Hari)	Berat Batako (Kg)	Luas Penampang (mm^2)	Kuat Tekan pengujian (N)	Kuat Tekan Kg/cm^2	Mutu Batako
		Panjang (cm)	Tebal (cm)	Lebar (cm)						
Variasi 8%	1	36	11	19	28	9.04	6840	63765	9.322	Tidak memenuhi
	2	36.4	11.4	19	28	8.93	6916	50031	7.234	Tidak memenuhi
	3	36.2	10.5	19	28	8.70	6878	61803	8.986	Tidak memenuhi
Rata-rata						8.89	6878	58533	**8.514**	Tidak memenuhi

Tabel 4. 7 Hasil uji kuat tekan variasi 6%

Kode Sampel		Dimensi			Usia Sampel (Hari)	Berat Batako (Kg)	Luas Penampang (mm^2)	Kuat Tekan pengujian (N)	Kuat Tekan Kg/cm^2	Mutu Batako
		Panjang (cm)	Tebal (cm)	Lebar (cm)						
Variasi 6%	1	36	10.9	18.8	28	9.71	6768	87309	12.900	Tidak memenuhi
	2	36.1	10.8	19	28	9.26	6859	73575	10.727	Tidak memenuhi
	3	36.3	11	18.6	28	9.11	6752	79952	11.842	Tidak memenuhi
Rata-rata						9.36	6793	80279	**11.823**	Tidak memenuhi

Tabel 4. 8 Hasil uji kuat tekan variasi 4%

Kode Sampel		Dimensi			Usia Sampel (Hari)	Berat Batako (Kg)	Luas Penampang (mm^2)	Kuat Tekan pengujian (N)	Kuat Tekan Kg/cm^2	Mutu Batako
		Panjang (cm)	Tebal (cm)	Lebar (cm)						
Variasi 4%	1	36	10.9	19	28	10.00	6840	104477	15.274	Tidak memenuhi
	2	36	10.8	18.6	28	9.75	6696	96138	14.358	Tidak memenuhi
	3	36.3	10.7	18.7	28	10.11	6788	119192	17.559	Tidak memenuhi
Rata-rata						9.95	6775	106602	**15.730**	Tidak memenuhi

Tabel 4. 9 Hasil uji kuat tekan variasi 2%

Kode Sampel		Dimensi			Usia Sampel (Hari)	Berat Batako (Kg)	Luas Penampang (mm^2)	Kuat Tekan pengujian (N)	Kuat Tekan Kg/cm^2	Mutu Batako
		Panjang (cm)	Tebal (cm)	Lebar (cm)						
Variasi 2%	1	36	10.7	19.1	28	11.04	6876	173637	25.253	Kelas IV
	2	36	10.6	18.9	28	10.74	6804	162846	23.934	Kelas IV
	3	36	10.5	18.7	28	11.38	6732	192276	28.561	Kelas IV
Rata-rata						11.05	6804	176253	**25.916**	Kelas IV

Tabel 4. 10 Hasil uji kuat tekan variasi 0%

Kode Sampel		Dimensi			Usia Sampel (Hari)	Berat Batako (Kg)	Luas Penampang (mm^2)	Kuat Tekan pengujian (N)	Kuat Tekan Kg/cm^2	Mutu Batako
		Panjang (cm)	Tebal (cm)	Lebar (cm)						
Variasi 0%	1	36	10	20	28	11.76	7200	380127.69	52.796	Kelas II
	2	36	10	20	28	11.74	7200	320100.3	44.458	Kelas III
	3	36	10	20	28	11.60	7200	230073.93	31.955	Kelas IV
Rata-rata						11.70	7200	310101	**43.070**	Kelas III

1. Analisis Perhitungan kuat tekan

Saat menganalisis pengujian kuat tekan batako dalam hal ini pengujian pada variasi 8% dengan penambahan plastik sebesar 800 gram kode 1 berikut merupakan contoh perhitungan nya.

Panjang : 36 cm
Tebal : 11 cm
Tinggi : 19 cm

Luas penampang : p x l x (mm^2)
: 36 x 19 x (10)
: 6840 mm^2

Beban maksimum : 6500 kg
: 6500 x 9,81
: 63,765 N

Kuat tekan : $(\sigma) = \frac{P\ (newton)}{A\ (mm^2)}$

: $(\sigma) = \frac{63{,}765}{6840}$

: 0,914 N/mm^2 = 9,322 kg/cm^2

Nilai yang belum memenuhi SNI 03-0349-1989.

Saat menganalisis pengujian kuat tekan batako dalam hal ini pengujian pada variasi 2% dengan penambahan plastik sebesar 200 gram kode 1 berikut merupakan contoh perhitungan nya.

Panjang : 36 cm
Tebal : 10,7 cm
Tinggi : 19,1 cm

Luas penampang : p x l x (mm^2)
: 36 x 19,1 x (10)
: 6876 mm^2

Beban maksimum : 17700 kg
: 17700 x 9,81

: 173,637 N

Kuat tekan : $(\sigma) = \frac{P\ (newton)}{A\ (mm^2)}$

: $(\sigma) = \frac{173{,}637}{6876}$

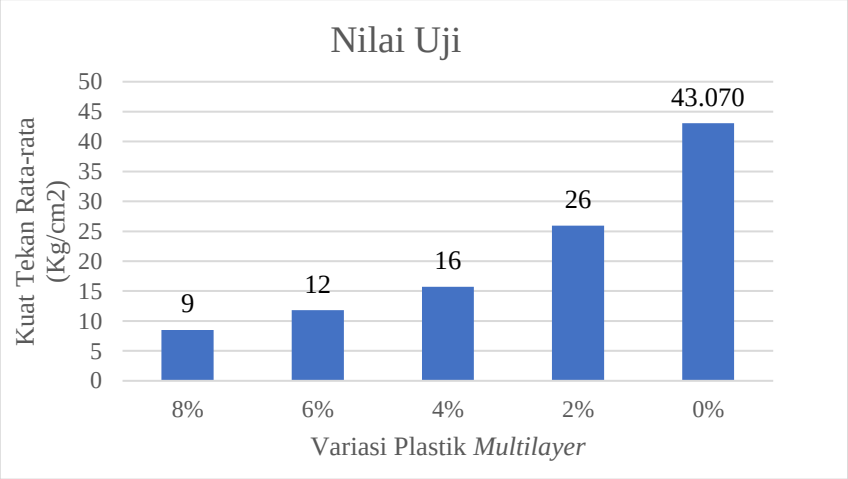
: 2,476 N/mm^2 = 25,253 kg/cm^2

Di variasi 2% kode 1 memenuhi SNI 03-0349-1989 dengan mutu batako kelas IV. Berikut gambar setelah pengujian kuat tekan



Gambar 4. 2 Hasil setelah pengujian

Dari 2 contoh perhitungan diatas sudah dilakukan ke semua sampel setiap variasi yang melalui uji kuat tekan batako. Hasil dari pengujian ini kuat tekan rata-rata dapat di lihat pada garafik di bawah ini.



Gambar 4. 3 Grafik hasil uji kuat tekan

2. Pembahasan hasil uji kuat tekan

   Setelah melakukan perhitungan dan mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata batako di lakukan sesuai dengan SNI 03-0349-1989 berikut merupakan krasifikasi mutu batako dari setiap variasi yang di uji pada tabel berikut.

Tabel 4. 11 Mutu kuat tekan

Variasi sampel	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm^2)	Mutu Kuat Tekan
8%	9	-
6%	12	-
4%	16	-
2%	26	IV
0%	43.070	III

Berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada tabel, nilai kuat tekan batako dengan campuran plastik *multilayer* adalah 20 Kg/cm^2 atau setara dengan 1,9612 MPa, yang sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989. Dari tiga variasi sampel yang diuji, satu variasi menunjukkan nilai kuat

tekan yang berada di atas standar. Grafik yang dihasilkan dari hasil pengujian kuat tekan batako menunjukkan penurunan nilai kuat tekan pada setiap variasi, di mana variasi 8% memiliki nilai terkecil, sedangkan variasi 2% memenuhi standar kuat tekan yang ditetapkan oleh SNI 03-0349-1989. Perbedaan nilai kuat tekan antara setiap variasi batako disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pencacahan plastik *multilayer* yang kurang halus. Plastik *multilayer* digunakan sebagai bahan tambahan agregat halus, namun jika pencacahan tidak cukup halus, dapat mempengaruhi kekuatan batako.

Selain itu, penambahan air pada saat pencampuran bahan baku tidak dilakukan secara konsisten. Dalam proses pencampuran, air ditambahkan sedikit demi sedikit hingga adukan tercampur, tetapi belum memenuhi standar. Hal ini terlihat ketika adukan dipadatkan dengan tangan, masih ada bekas air yang tertinggal. Air hanya dapat terhomogenisasi dengan semen dan pasir karena plastik *multilayer* tidak menyerap air karena Permukaan plastik, terutama plastik *multilayer*, sangat halus dan tidak memiliki pori-pori atau celah-celah yang dapat menahan atau menyerap air. Penyerapan air oleh bahan baku sangat penting, karena meningkatkan kekuatan dan kepadatan batako.

Faktor lain yang mempengaruhi kuat tekan adalah penakaran material plastik multilayer yang sudah sesuai, namun dalam proses pencetakan dengan skala besar, bahan baku yang digunakan untuk dua kali pencetakan menyebabkan ketidakkonsistenan kandungan plastik *multilayer* pada setiap batako yang dihasilkan. Nilai kuat tekan tertinggi tercatat pada batako dengan campuran 200 gram plastik multilayer, yaitu 28,561 Kg/cm², sementara batako kontrol memiliki nilai kuat tekan tertinggi sebesar 52,796 Kg/cm². Dengan demikian, penambahan 200 gram plastik *multilayer* sudah memenuhi standar kuat tekan sesuai SNI 03-0349-1989.

Meskipun penambahan plastik *multilayer* dalam jumlah yang lebih besar, seperti 800 gram, tidak menunjukkan peningkatan kuat tekan yang

signifikan, variasi dengan 200 gram plastik multilayer dapat menjadi pilihan yang baik untuk pembuatan batako karena sudah memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Hal ini disebabkan oleh sifat plastik yang tidak menyerap air dan ukurannya yang lebih besar dibandingkan pasir, yang menyebabkan terbentuknya rongga pada batako. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, penambahan plastik *multilayer* sebesar 200 gram pada batako dapat meningkatkan kekuatan tekan dan sekaligus memberikan alternatif penggunaan bahan daur ulang yang lebih ramah lingkungan.

4.4 Pengujian Resapan Air Batako

Dalam penelitian ini, benda uji berjumlah 2 sampel per variasi kemudian batako direndam dalam air bersih dengan suhu ruang selama 24 jam. Menurut SNI 03-0349-1989 dimana perendaman dilakukan untuk mendapatkan tingkat serap air pada batako secara maksimum, sehingga dapat di ketahui nilai serap airnya yaitu maksimal 25%. Sebelum dimasukan ke dalam oven pengeringan setiap sampel dilakukan penimbangan agar mendapatkan hasil. Kemudian dilakukan proses pengeringan selama 24 jam menggunakan oven. Setelah di oven sampel di timbang kembali untuk mendapatkan nilai berat kering batako. Hasil uji penyerapan air dapat di lihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 12 Hasil perhitungan uji resapan air

Kode Sampel		Berat		Penyerapan air (%)
		Basah (gr)	Kering (gr)	
Variasi 8%	7	10213	7045	10,21%
	8	9981	7716	9,9%
Rata-rata				10%

Kode Sampel		Berat		Penyerapan air (%)
		Basah (gr)	Kering (gr)	
Variasi 6%	7	10411	5890	10,5%
	8	10511	5687	10,5%
Rata-rata				10,4%

Kode Sampel		Berat		Penyerapan air (%)
		Basah (gr)	Kering (gr)	
Variasi 4%	7	11150	5820	11,2%
	8	11313	6220	11,3%
Rata-rata				11,2%

Kode Sampel		Berat		Penyerapan air (%)
		Basah (gr)	Kering (gr)	
Variasi 2%	7	12200	7045	12,1%
	8	12411	7716	12,4%
Rata-rata				12,3%

Kode Sampel		Berat		Penyerapan air (%)
		Basah (gr)	Kering (gr)	
Variasi 0%	7	13401	11891	13,4%
	8	13342	12011	13,3%
Rata-rata				13,3%

1. Analisis perhitungan

   Pada uji serapan air pada batako dengan penambahan plastik dalam campuran material batako sebesar 800 gram di variasi 8% dengan kode sampel 7 sebagai contoh perhitungan.

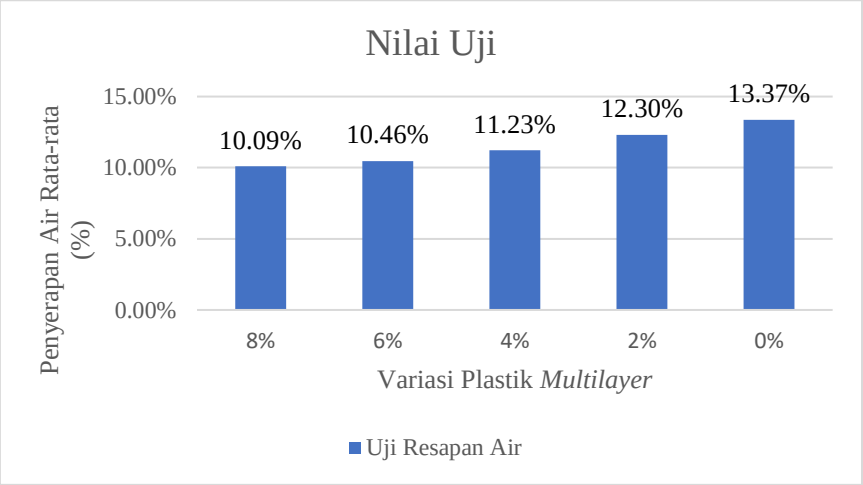
   Berat basah (Bb) : 10.213 gram

   Berat kering (Bk) : 7.045

   Penyerapan air (Pa) : $\frac{Bb-Bk}{Bk} \times 8\%$

   : $\frac{10.213-7.045}{7.045} \times 8\%$

   : 10,21 %



Gambar 4. 4 Grafik hasil uji penyerapan air

2. Pembahasan

Dari hasil pengujian diatas maka didapatkan nilai penyerapan air rata-rata dari setiap variasi batako nilai dari variasi 8% sampai variasi 0% Pengujian ini sesuai dengan SNI-03-0349-1989. Klasifikasi mutu penyerapan air pada batako dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 13 Mutu penyerapan air taiap variasi

Variasi Plastik	Penyerapan air (%)	Mutu Penyerapan air
8	10,09	Mutu I
6	10,46	Mutu I
4	11,23	Mutu I
2	12,30	Mutu I
0	13,37	Mutu I

Dari tabel dan grafik hasil pengujian penyerapan air pada batako dapat dilihat bahwa hasil penyerapan air sudah berada di atas standar yang telah ditetapkan oleh SNI 03-0349-1989 dengan nilai maksimum penyerapan air 25% pada batako berlubang rata-rata nilai dari pengujian tersebut di bawah 25% yang berarti masuk kategori mutu I.

Batako dengan konsentrasi plastik *multilayer* yang lebih banyak memiliki daya serap yang lebih kecil sebaliknya batako dengan konsentrasi plastik *multilaye*r yang lebih sedikit memiliki tingkat daya serap yang lebih besar. Hal ini dapat disebabkan oleh karakteristik plastik yang tidak menyerap air.

4.5 Konstribusi untuk lingkungan dibidang konstruksi

A. Konstribusi penggunaan batako plastik *multilayer*

Berikut merupakan beberapan kontribusi dengan ada inovasi pembuatan batako dengan plastik *multilayer* sebagai pengganti pengrangan agregat halus.

1. Pengurangan Sampah Plastik dalam pembuatan batako dari plastik multilayer dapat mengurangi jumlah timbulan plastik di TPA. Laut, dan lingkungan sekitar.
2. Penghematan Sumber Daya Alam Dengan menggunakan plastik daur ulang sebagai bahan baku, penggunaan sumber daya alam seperti pasir dan batuan untuk membuat batako tradisional dapat dikurangi. Ini membantu melindungi ekosistem dan mengurangi penambangan yang merusak lingkungan.
3. Meningkatkan Isolasi Termal dimana Batako plastik *multilayer* dapat memiliki sifat isolasi termal yang baik, yang berarti bangunan yang menggunakannya dapat lebih efisien dalam mempertahankan suhu internal. Ini dapat mengurangi kebutuhan akan pemanasan dan pendinginan tambahan, mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan.
4. Daya Tahan dan Ketahanan Batako plastik *multilayer* sering kali lebih tahan terhadap cuaca ekstrem, korosi, dan kerusakan dibandingkan dengan batako beton konvensional. Dengan umur yang lebih panjang dan pemeliharaan yang lebih sedikit, ini berarti lebih sedikit kebutuhan untuk mengganti atau memperbaiki batako, yang pada gilirannya mengurangi limbah konstruksi.
5. Inovasi dan Kesadaran Lingkungan Penggunaan batako plastik

multilayer dalam konstruksi dapat mendorong lebih banyak inovasi dalam teknologi bahan bangunan dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya daur ulang dan keberlanjutan di industri konstruksi.

B. Penggunaan batako plastik *multilayer* dibidang konstruksi

Dalam penggunaan batako plastik *multilayer* 1 m3 pengurangan dalam 1 hari cetak batako variasi 2% dengan rencana pembuatan per hari 400 buah batako.

Berat batako 2% = 11,05 Kg

Jumlah batako 1 m^3 = 15 buah batako

Berat batako 1 m3 = 165,75 Kg

Jumlah V 2% dalam 1 batako = 0,2 Kg

Jumlah plastik M 1 m^3 = 3 Kg

Total batako per hari = 400 buah batako (26,6 m^3)

Jumlah total timbulan = 150677 Kg/hari

= 150677 : 9

= 16741 Kg/hari

Jumlah timbulan plastik M = 16741 Kg/hari

Jumlah timbulan plastik M – plastik M yang digunakan dalam 26,6 m^3/hari

$$= 16741\ Kg/hari - 79{,}8\ kg/hari$$

$$= \frac{16661}{16741} \times 100\%$$

$$= 0{,}99\ \%$$

Jadi pengurangan plastik per hari dari variasi 2% yaitu 0,99 % dengan pembuatan batako dalam 1 hari 400 buah batako.

4.6 Perhitungan Harga Produk dan Kelayakan Investasi Batako

Dalam penelitian ini, telah dilakukan pengujian terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada batako. Selanjutnya, dilakukan perhitungan harga pokok produksi dengan variasi plastik *multilayer*, di mana variasi 2% menunjukkan nilai kuat tekan yang optimal. Data yang diperlukan untuk perhitungan harga pokok produksi batako diperoleh melalui survei dan wawancara di pusat inovasi.

4.4.1 Harga Produksi Batako

Biaya tetap ialah biaya jumlah produksi berikut adalah biaya produksi sebgai berikut.

1. Menghitung Biaya Alat
   a. Alat pencetak
      - Harga mesin press batako : Rp 82.000.000
      - Harga mesin Mixer Batako : Rp 22.000.000

      Total harga alat pencetak : Rp 104.000.000
      Umur alat pencetak : 16 tahun
      Nilai sisa alat pencetak : Rp 9.000.000
      Jumlah hari kerja : 312 hari/tahun
      Penyusutan : $\frac{Total\ harga\ alat - Ni;ai\ sisa\ alat}{Umur\ alat\ x\ Jumlah\ hari\ kerja}$

      : $\frac{104.000.000 - 9.000.000}{16\ x\ 312}$

      : Rp 71.500.000

   b. Alat bantu
      - Ember (12 buah) : Rp 130.800
      - Skop (2 buah) : Rp 355.720
      - Ayakan pasir (1 buah) : Rp 34.000
      - Timbangan (1 buah) : Rp 240.000
      - Cetok (2 buah) : Rp 121.400

      Total harga alat bantu : Rp 881.920

Usia alat bantu : 1 tahun
Nilai sisa alat bantu : Rp 0,-
Jumlah hari kerja : 312 hari/tahun
Penyusutan : $\frac{881.920-0}{1\ x\ 312}$
Penyusutan per hari : Rp 2.826

- Kapasitas produksi batako : 400 buah batako/hari
- Kebutuhan tripleks : $\frac{\text{kapasitas produksi}}{kapasitas\ papan\ alas}$
  : $\frac{400}{4}$
  : 100 papan alas
- Lama pengeringan : 1 hari
- Harga satuan tripleks : Rp 45.000

Total harga tripleks : Rp 4.500.000
Umur tripleks : 1 tahun
Nilai sisa tripleks : Rp 0,-
Jumlah hari kerja : 312 hari/tahun
Penyusutan : $\frac{4.500.000-0}{1\ x\ 312}$
Penyusutan per hari : Rp 14.423

c. Alat pencacah plastik

- Harga alat pencacah : Rp 17.050.000
- Biaya listrik : Rp 100.000
- Harian kerja : Rp 30.000

Total biaya : Rp 17.180.000
Jumlah hari kerja : 312 hari/tahun
Penyusutan : $\frac{17.180.000-0}{1\ x\ 312}$
Penyusutan per hari : Rp 55.064

6. Menghitung Biaya Bangunan Produksi

Harga bangunan

- Gudang : Rp 30.000.000
- Wc : Rp 8.800.000
- Tiang bangunan : Rp 7.000.000
- Atap bangunan : Rp 6.600.000

Total : Rp 52.400.000

Umur bangunan : 10 tahun

Jumlah hari kerja : 312 hari/tahun

Penyusutan : $\frac{52.400.000-0}{1\ x\ 312}$

Penyusutan per hari : Rp 167.948

7. Menghitung Biaya Oprasional

- Biaya air dan listrik per hari : Rp 26.000
- Biaya air dan listrik per bulan : 26.000 x 26 hari

Total biaya per bulan : Rp 676.000

8. Menghitung Biaya Tenaga Kerja

- Kapasitas produksi : 100 papan per hari
- Jumlah pekerja : 2 orang
- Upah per papan : Rp 2.000
- Upah per hari (1 orang) : Rp 100.000
- Konsumsi/makan (2 orang) : Rp 50.000

Total biaya upah tenaga kerja : Rp 250.000 per hari

9. Menghitung Tunjangan Hari Raya

- THR pekerja (2 orang) : Rp 2.500.000
- Jumlah hari kerja : 312 hari/tahun

Total THR : Rp 2.500.000

Tabungan THR per hari : $\frac{2.500.000-0}{1\ x\ 312}$

: Rp 8.012

10. Menghitung Kebutuhan Material Batako

a. Kebutuhan material 1 batako pada variasi 2%

Dengan perbandingan campuran batako plastik *multilayer* 1,25 kg semen : 9,8 kg pasir : 200 gram plastik *multilayer*.

Kebutuhan semen	: 1250 gram/batako
Kebutuhan pasir	: 9800 gram/batako
Kebutuhan plastik m	: 200 gram/batako
Total berat material	: 11250 gram/batako
Harga semen per zak	: Rp 53.000
Kebutuhan semen per hari	: 1250 x 400 batako
	: 500 kg
	: 10 zak/hari
Biaya semen per hari	: Rp 53.000 x 10 zak
	: Rp 530.000
Biaya angkut semen per km	: Rp 3.000
Biaya angkut semen 5 km	: Rp 15.000
Total biaya semen	: Rp 545.000

b. Kebutuhan pasir per hari : 9800 x 400 batako
: 3.920 kg
: 3.920 : 1400
: 2,8 kg/m3

Harga pasir per dump truck 5 m3	: Rp 1.250.000
Harga pasir per m3 (1400 kg/m3)	: Rp 250.000
Total biaya pasir per hari	: 2,8 x 250.000
	: Rp 700.000

c. kebutuhan plastik per hari : 200 x 400 batako
: 80 kg
Harga plastik per kg : Rp 2.000
Total biaya plastik : Rp 160.000

Total material per hari : Rp 545.000 + Rp 700.000 + Rp 160.000 = Rp 1.405.000

11. Rekap Pengeluran per hari

Tabel 4. 14 Rekapan pengeluaran per hari

No	Repapitulasi Pengeluaran per hari	Total Harga	
1	Biaya alat utama	-Rp	71,500,000
2	Biaya alat bantu	Rp	17,249.74
3	Biaya bangunan	Rp	167,948.72
4	Biaya alat pencacah	Rp	55,064.10
5	Biaya oprasional	Rp	26,000
6	Biaya upah tenaga kerja	Rp	250,000
7	Biaya THR	Rp	8,012.82
8	Biaya Material	Rp	1,405,000
	Total pengeluaran per hari	Rp	1,929,347

4.4.2 Analisis Kelayakan Investasi

Analisis kelayakan investasi batako dilakukan dengan menghitung nilai BEP (Break Even Point) setelah memperoleh harga pokok produksi batako yang menggunakan campuran plastik *multilayer*. Perhitungan ini sangat penting untuk menentukan titik di mana pendapatan dari penjualan batako sama dengan biaya produksi, sehingga investor dapat memahami potensi keuntungan yang akan dihasilkan.

1. Menghitung Biaya pokok produksi lapangan

Kapasitas produksi : 400 batako/hari
Total biaya pengeluaran : Rp 1.929.347

Produksi lapangan : 1.929.347 : 400
: Rp 4.823 per batako
Biaya kirim per batako : Rp 170 per batako
Harga dasar batako : 4.823 + 170
: Rp 4.993 per batako
Margin perusahaan : 20% x 4.993
: Rp 5.992 per batako
Menghitung penghasilan produksi
Jumlah produk batako per hari : 400 batako
Harga jual batako : Rp 5.992
Total pemasukan : Rp 2.396.816
Keuntungan batako plastik/bulan : Harga jual – harga dasar
: Rp 5.992 – Rp 4.993
: Rp 999
Persentase keuntungan : Rp 999 : Rp 5.992
: 17 %

- Keuntungan per hari : Total pemasukan – (Harga dasar x jumlah batako per hari)
: 2.396.816 – (4.993 x 400)
: Rp 399.616
- Keuntungan per bulan : Rp 399.616 x 25 hari
: Rp 9.990.400
- Keuntungan per tahun : Rp 9.990.400 x 12 bulan
: Rp 119.884.800

2. *Break Even Point* (BEP)
    a. Modal awal
        1) Harga alat : Rp 104.000.000
        2) Harga alat bantu : Rp 881.920
        3) Harga papan alas : Rp 4.500.000
        4) Harga mesin pencacah : Rp 17.050.000
        5) Harga bangunan : Rp 52.400.000

Jumlah modal awal : Rp 174.331.920

b. *Break Even Point* (BEP)

BEP : $\frac{Modal\ awal}{Harga\ jual - Harga\ dasar}$

: $\frac{174.331.920}{5.992 - 4.993}$

: 174.507 batako

(BEP per buah jika diasumsikan di jual)

BEP hitungan hari : $\frac{BEP}{Kapasitas\ produksi}$

: $\frac{174.507}{400}$

: 436.2 hari

BEP hitungan bulan : 436 : 30

: 14 bulan

BEP hitungan tahun : 1 tahun 2 bulan

Berdasarkan perhitungan di atas, diketahui bahwa pemasukan dari penjualan batako plastik multilayer mencapai Rp 2.396.816 per hari, dengan keuntungan per unit batako sebesar Rp 999, sehingga total keuntungan harian mencapai Rp 399.616. Selama setahun, keuntungan yang diperoleh adalah Rp 119.884.800.

Dalam menghitung BEP, diperlukan perhitungan jumlah modal awal untuk memproduksi batako plastik *multilayer*, yang totalnya adalah Rp 174.331.920. Setelah mengetahui modal awal, harga jual, dan harga pokok, diperoleh nilai BEP sebesar 174.507 batako plastik *multilayer*. Artinya, perusahaan akan mencapai titik balik modal jika dapat memproduksi jumlah batako sesuai dengan nilai BEP tersebut. Jika asumsi BEP ini terjual setiap hari, maka target tersebut akan tercapai dalam waktu 436,2 hari, atau sekitar 1 tahun 2 bulan. Dengan hasil yang telah dihitung, analisis kelayakan investasi produksi batako plastik *multilayer* dengan asumsi masa investasi selama 3 tahun dinyatakan layak.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diproleh hasil sebagai berikut:

1. Pada pengujian uji kuat tekan, dengan penambahan plastik *multilayer* mempengaruhi kuat tekan pada batako. Nilai kuat tekan paling tinggi pada variasi 2% memiliki kuat tekan rata-rata 26 kg/cm^2 atau 2.54 Mpa yang telah memenuhi syarat dengan mutu IV sesuai dengan SNI 03-0349-1989 dan kuat tekan terendah pada variasi 8% dengan nilai rata-rata 9 kg/cm^2 atau 0.89 Mpa.
2. Pada pengujian uji penyerapan air, dengan penambahan plastik *multilayer* mempengaruhi penurunan penyerapan air pada batako yang dimana nilai penyerapan air tertinggi pada batako variasi 2% dengan nilai 12.30% tingkat penyerapan air sedangkan nilai penyerapan air terendah di batako variasi 8% dengan nilai 10.09% . Dari 5 variasi tersebut telah memenuhi syarat maksimum penyerapan air mutu I yang disyaratkan SNI 03-0349-1989.
3. Dari hasil perhitungan pengurang plastik *multilayer* didapatkan persentase penguranganya sebesar 0,99% atau 80 Kg/hari.
4. Hasil dari perhitungan harga batako plastik *multilayer* yaitu didapatkan harga dasar sebesar Rp 4.823 dengan harga jual Rp 5.992 per batako dan keuntungan yang didapatkan dari penjualan 1 buah batako sebesar Rp 999 per batako Rp 399.616 per hari. Nilai BEP (*Break Even Point*) diperoleh pada penjualan 174.507 batako dalam waktu 1 tahun 2 bulan. Harga jual batako terbilang masih tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan mampu menyempurnakan penelitian ini, yaitu :

1. Dari penelitian ini perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam pencacahan plastik *multilayer* agar lebih halus dalam pembuatan batako dengan campuran palstik *multilayer* lebih kuat.
2. Dalam pencampuran bahan material batako perlunya pengadukan yang lebih lama agar bahan campuran bisa tercampur rata dan membuat batako menjadi lebih kuat.
3. Perlunya melakukan penimbangan plastik *multilayer* dengan mengetahui berat massa plastik *multilayer* agar dalam menentukan komposisi bahan campuran dengan tepat.
4. Untuk penelitian lanjutan dapat mengubah variasi per sampel dengan meningkatkan jumlah penggunaan plastik *multilayer* dalam campuran batako.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. H., Purnamayudhia, O., Indrawati, T., Hidayat, N. A., & Kurniawan, A. R. (2023). Pemanfaatan Limbah Hasil Pembakaran Sampah Menjadi Batako di TPS Desa Mojosarirejo Driyorejo Gresik. Prosiding PKM-CSR, 1-6.

Afgredy Julianda (2022). Analisis Pengaruh Variasi Serat Plastik Terhadap Kekuatan Tekan Dan Impak Dalam Pembuatan Batako. (hal. 1-73). Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan.

Agni, R., Jamhari, M., & Tangge, L. (2022). Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Campuran Batako dalam Upaya Mengatasi Sampah Rumah Tangga di Desa Mpanau, Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. Volume 3 Nomor 4 Tahun 2022 Halaman 772 - 777.

Al-Ayyubi, D. A., & Ikram, F. D. (2023). Analisis Pengaruh Campuran Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* Dan *Fly Ash* Terhadap Densitas, Kuat Tekan Dan Konduktivitas Termal Sebagai Bahan Alternatif Batako. Jurnal Teknik Mesin UTS, 10-19.

Albert Yansen , Thom Deutmar Londo Doaly , Dwi Indah Oktaviani (2023). Manajemen Pengolahan Sampah Plastik Multilayer Menjadi Kemasan Plastik Multilayer. Volume 3 Nomor 3 Tahun 2023 Page 2866-2877.

Amir, A. A., Mahmud, & Guntur, A. (2022). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Pasir Sungai Sandang Muliasari Unaaha Dan Kerikil Amonggedo Pondidaha Kabupaten Konawe. Jurnal Teknik Sipil, 424-428.

Andrady, A. L. (2011). "Plastics and environmental sustainability". *John Wiley & Sons*.

Departemen Pekerjaan Umum. 1989, SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding, Balitbang Jakarta.

Hermansyah, & Rikayasa. (2023). Pembuata Batako Menggunakan Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Sebagai Bahan Pengganti Pasir untuk Menentukan Nilai Kuat Tekan. Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 448-454.

Ilham., Penentuan Harga Pokok Produksi Percetakan Sablon "Otakkanan Production" di Yogyakarta. Jurnal Fakultas Ekonomika dan Bisnis. Universitas Diponegoro, 2013

Jambeck, J. R., et al. (2015). "*Plastic waste inputs from land into the ocean*." *Science*, 347(6223), 768-771.

Kusdiyono, Supriyadi, Rochadi, M. T., & W, H. L. (2018). Pengaruh Variasi Penambahan Limbah Plastik Terhadap Kekuatan Tekan Batako Dalam Upaya Pemanfaatan Limbah. Wahana Teknik Sipil, 23 (2), 64=76.

Ni'mah, L., Syauqiah, I., & Suryani, A. (2021). Karakteristik Batako Dari Limbah Botol Plastik. Jurnal Sains Dan Terapan Kimia, 15(2), 127. Https://Doi.Org/10.20527/Jstk.V15i2.986

Prianggodo, A. J. (2007). Solidifikasi Limbah Fly Ash Hasil Pembakaran Incinerator Industri Tekstil Sebagai Campuran Batako. (hal. 32-35). Yogyakarta: Dspace Universitas Islam Indonesia.

Ramadhan, Nursyamsi. Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Ldpe Sebagai Agregat Halus Pada Batako Beton Ringan. Medan : Universitas Sumatra Utara.

Ramadhani, R. S. (2020). Analisis Tekno Ekonomi Pengelolaan Sampah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bata Plastik. (hal. 1-55). Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru.

Riyandini, V. L, Fitrada, W., Sawir, H.. Pengaruh Komposisi Plastik Multilayer Dan Plastik HDPE Terhadap Sifat Fisik Papan Polimer. Volume 21, Nomor 2 Tahun 2021, pp.156-162.

SNI 03-0349-1989. (1989). SNI 03-0349-1989 Bata beton untuk pasangan dinding. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 03-0349-1989. Bata Beton untuk Pasangan Dinding. (1989).

SNI 03-1750-1990. (1990). Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di lapangan. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 15-2049-2004. (2004). SNI 15-2049-2004 Semen portland. Badan Standardisasi Nasional. SNI 1974-2011. (2011).

SNI 1974-2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Badan Standardisasi Nasional. www.bsn.go.id

Soares, C. T. D. M., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., & Karlsson, S. 2021. Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios. Resources, Conservation and Recycling, 176, 105905. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105905

Sukardi, Eddi & Tanudi. 1997. Membuat Bahan Bangunan Dari Sampah. Jakarta: PT Penebar Swadaya.

Sutrisna, H., & Aldrin. (2023). Analisis Pengaruh Komposit Berbahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene Dan Bottom Ash* Sebagai Bahan Alternatif Batako. Jurnal Teknik Mesin UTS, 1-9.

Syauqiah, I., Ni'mah, L., & Suryani, A. (2021). Karakteristik Batako Dari Limbah Botol Plastik. Sains dan Terapan Kimia, Vol. 15, No. 2, Hal 127-132.

Uvaraja, T., Gani, P., Chuan, N. C., Zulkernain, N. H. (2021) : Resusing plastic waste in the production of bricks and paving blocks: a review, European Journal of Environmental and Civil Engineering, DOI: 10.1080/19648189.2021.1967201

LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pencacahan



Lampiran 2 Proses Penimbangan plastik



Lampiran 3 Bahan campuran





Lampiran 4 Penakaran masukan air



Lampiran 5 Proses *Mixer*



Lampiran 6 Proses Pencetakan



Lampiran 7 Pengumpulan setelah di cetak



Lampiran 8 Penumpukan batako setelah mengeras



Lampiran 9 Proses pengujian kuat tekan



Lampiran 10 Proses perendaman batako



Lampiran 11 Proses oven pengujian resapan air



Lampiran 12 Proses penimbangan pengujian resapan air

Lampiran 13 Hasil benda uji kuat tekan





