

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH *BANNER* DAN
PEREKAT SIKACIM *CONCRETE ADDITIVE* TERHADAP
KARAKTERISTIK BATAKO**

SKRIPSI

FADILLAH AZZAHRA LUBIS

0705163042



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN**

2022

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH *BANNER* DAN PEREKAT
SIKACIM *CONCRETE ADDITIVE* TERHADAP KARAKTERISTIK
BATAKO**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si.)

FADILLAH AZZAHRA LUBIS

07065163042



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama : Fadillah Azzahra Lubis
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163042
Program Studi : Fisika
Judul : Pengaruh Penambahan Limbah *Banner* dan
Perekat Sikacim *Concrete Additive* Terhadap
Karakteristik Batako

dapat disetujui untuk segera *dimunaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Medan, 23 September 2021 M

16 Safar 1443 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si
NIP. 198111062005011003

Ety Jumiati, S.Pd., M.Si.
NIB. 1100000072

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadillah Azzahra Lubis
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163042
Program Studi : Fisika
Judul : Pengaruh Penambahan Limbah *Banner* dan
Perekat Sikacim *Concrete Additive* Terhadap
Karakteristik Batako

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 23 September 2021

Fadillah Azzahra Lubis
NIM. 0705163042



PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: B.001/ST/ST.V.2/PP.01.1/01/2022

Judul : Pengaruh Penambahan Limbah Banner Dan Perikat Sikacim
Concrete Additive Terhadap Karakteristik Batako
Nama : Fdillah Azzahra Lubis
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163042
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medandan dinyatakan **LULUS**.

Padahari/tanggal : Kamis, 11 November 2021
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197503242007101001

DewanPenguji,

Penguji I,

Penguji II,

Masthura, M.Si.
NIB.1100000069

Mulkan Iskandar Nasution, M.Si.
NIB. 11000000120

Penguji III,

Penguji IV,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Ety Jumiati, S.Pd., M.Si.
NIB. 1100000072

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196609051991031002

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH *BANNER* DAN PEREKAT
SIKACIM *CONCRETE ADDITIVE* TERHADAP KARAKTERISTIK
BATAKO**

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk (i) mengetahui pengaruh penambahan limbah *banner* dan perekat sikacim *concrete additive* terhadap karakteristik batako, (ii) mengetahui komposisi pencampuran limbah *banner*, perekat sikacim *concrete additive*, semen, dan pasir agar dihasilkan batako dengan karakteristik yang optimum, (iii) mengetahui aplikasi batako yang dihasilkan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan batako adalah limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive*. Variasi komposisi pencampuran limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* yaitu sampel A (0%:30%:70%:0,5%), sampel B (0,5%:30%:69,5%:0,5%), sampel C (1%:30%:69%:0,5%), sampel D (1,5%:30%:68,5%:0,5%), sampel E (2%:30%:68%:0,5%), dan digunakan FAS (Faktor Air Semen) sebesar 0,5 pada semua variasi. Dalam penelitian ini, karakteristik batako yaitu: densitas, daya serap air, kuat tekan, dan kuat patah. Terdapat pengaruh penambahan limbah *banner* dan perekat sikacim *concrete additive* terhadap mutu batako. Seiring dengan penambahan limbah *banner* maka terjadi kenaikan pada nilai densitas, nilai daya serap air, dan kuat patah serta terjadi penurunan pada kuat tekan. Komposisi pencampuran limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* yang memberikan karakteristik yang optimum adalah sampel B (0,5%:30%:69,5%:0,5%), karena pengujian nilai densitas, daya serap air, kuat tekan, dan kuat patah yang memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Sampel batako dengan variasi (0,5%:30%:69,5%:0,5%) dapat diaplikasikan sebagai penutup lahan pada taman, halaman rumah, dan tempat lain yang tidak menanggung beban berat yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0349-1989.

Kata-kata kunci: Batako, Limbah *Banner*, Pasir, Semen, dan Sikacim *Concrete Additive*.

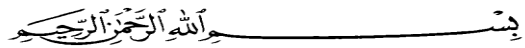
**THE EFFECT OF ADDING WASTE BANNER AND SIKACIM CONCRETE
ADDITIVE ON THE CHARACTERISTICS OF Brick**

ABSTRACT

Research has been carried out with the aim of (i) knowing the effect of adding banner waste and sikacim concrete additive adhesive to the characteristics of the bricks, (ii) knowing the composition of mixing banner waste, sikacim concrete additive adhesive, cement, and sand in order to produce bricks with optimum characteristics, (iii) knowing the application of the resulting bricks. The materials used in making bricks are banner waste, cement, sand, and sikacim concrete additive. Variations in the composition of mixing banner waste, cement, sand, and sikacim concrete additive are sample A (0%:30%:70%:0.5%), sample B (0.5%:30%:69,5%:0,5%), sample C (1%:30%:69%:0,5%), sample D (1,5%:30%:68,5%:0,5%), sample E (2% :30%:68%:0.5%), and used FAS (Water Cement Factor) of 0.5 in all variations. In this study, the characteristics of the bricks studied were: density, water absorption, compressive strength, and fracture strength. There is an effect of adding banner waste and sikacim concrete additive adhesive on the quality of the bricks. Along with the addition of banner waste, there is an increase in the density value, water absorption value, and fracture strength and a decrease in compressive strength. The composition of mixing banner waste, cement, sand, and sikacim concrete additive that provides optimum characteristics is sample B (0.5%:30%:69.5%:0.5%), because of testing the values of density, water absorption, compressive strength, and fracture strength that meet the standards of SNI 03-0349-1989. Samples of brick with variations (0.5%:30%:69.5%:0.5%) can be applied as land cover in gardens, yards, and other places that do not bear the heavy load specified by the SNI standard 03-0349 -1989.

Keywords: Banner Waste, Brick, Cement, Sand, and Sikacim Concrete Additive.

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah *Banner* dan Perekat Sikacim *Concrete Additive* Terhadap Karakteristik Batako”. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Sains dalam Program Studi Fisika.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis tidak lepas dari adanya kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnan, M.A. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Miftahul Husnah, S.Pd., M.Si. selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si. selaku Pembimbing I yang telah memberikan arahan dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu memberi ide, masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Ety Jumiati, S.Pd., M.Si. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar serta meluangkan waktu memberi saran dan motivasi selama penyusunan skripsi.
7. Ratni Sirait. M.Pd. selaku Dosen Penasihat Akademik.

8. Bapak Alm. Ahmad Yani Lubis dan Ibu Siti Zubaidah Nasution selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan, memberi semangat, dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh.
9. Yang tersayang Muhammad Ikhsan Lubis, Muhammad Fadlan Lubis, Sahnun Hanafiyah Lubis, Abdul Rohim, dan Rizka Nur Annisa Lubis selaku abang dan adik saya yang selalu memberi semangat dan motivasi.
10. Teman-teman Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan angkatan 2016.
11. Sahabat-sahabat tercinta Nanda Putri, Lisa Herdiana Sinurat, Rahmi Balqis Lubis, Rika Ramtika, Salfina Putri Indriani, Tunjiah, Sangga Widia Putri, Irma Dewi, Dinda Mayanti, Nisa Nurul Jannah, Kharuna Novisa, Nurhayati, Tri Ninda Malika.
12. Terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bermanfaat terhadap skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, 23 September 2021

Penulis,

Fadillah Azzahra Lubis

NIM. 0705163042

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Banner</i> (Spanduk).....	5
2.2 <i>Sikacim Concrete Additive</i>	8
2.3 Agregat	9
2.4 Air.....	10
2.5 Faktor Air Semen.....	11
2.6 Semen Portland.....	12
2.7 Batako	14
2.7.1. Kualitas Batako.....	16
2.7.2. Jenis-jenis Ukuran Batako	16
2.7.3. Aplikasi Batako.....	17
2.8 Karakteristik Batako	17
2.8.1. Densitas	17
2.8.2. Daya Serap Air	18
2.8.3. Kuat Tekan	18

2.8.4. Kuat Patah	19
2.9 Penelitian yang Relevan.....	19
2.10 Hipotesis Penelitian	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu Penelitian.....	21
3.2 Tempat Penelitian	21
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	21
3.3.1 Alat Penelitian	21
3.3.2 Bahan Penelitian	22
3.4 Diagram Alir Penelitian	23
3.4.1 Tahap Pembuatan Serat Limbah <i>Banner</i>	23
3.4.2 Tahap Pembuatan Batako Limbah <i>Banner</i>	24
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.5.1 Prosedur Pembuatan Serat Limbah <i>Banner</i>	25
3.5.2 Prosedur Pembuatan dan Pengujian Batako Limbah <i>Banner</i>	25
3.6 Prosedur Karakterisasi	26
3.6.1 Densitas	26
3.6.2 Daya Serap Air	26
3.6.3 Kuat Tekan	26
3.6.4 Kuat Patah	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Karakterisasi Sifat Fisis	28
4.1.1 Densitas	28
4.1.2 Daya Serap	30
4.2 Karakterisasi Sifat Mekanis	32
4.2.1 Kuat Tekan	32
4.2.3 Kuat Patah	33
4.3 Pembahasan.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Sifat Fisis Batako Pejal Mutu	15
4.1	Data Hasil Pengukuran Densitas	27
4.2	Data Hasil Pengukuran Daya Serap Air	29
4.3	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	31
4.4	Data Hasil Pengujian Kuat Patah.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	<i>Banner</i>	5
2.2	<i>Sikacim Concrete Additive</i>	7
3.1	Diagram Alir Pembuatan Potongan Limbah <i>Banner</i>	22
3.2	Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Sampel Batako	23
4.1	Grafik Pengukuran Densitas Batako	28
4.2	Grafik Pengukuran Daya Serap Air Batako.....	30
4.3	Grafik Pengukuran Kuat Tekan Batako.....	32
4.4	Grafik Pengukuran Kuat Patah Batako.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran
A.	Gambar Alat-alat Percobaan
B.	Gambar Bahan Percobaan
C.	Gambar Sampel Uji Batako
D.	Data Pengujian Densitas
E.	Data Pengujian Daya serap Air
F.	Data Pengujian Kuat Tekan
G.	Data Pengujian Kuat Patah
H.	Surat Keterangan Penelitian
I.	SNI 03-0349-1989 Bata Beton Untuk Pasangan Dinding
J.	SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (<i>Beta Version</i>)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan, hal ini tidak lepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang semakin maju, seperti jembatan, bangunan gedung bertingkat tinggi, dan fasilitas lainnya. Hal ini mendorong adanya kebutuhan akan teknologi konstruksi yang tepat guna baik secara teknis maupun jika ditinjau dari sisi ekonomis. Banyak kajian dan penelitian yang dilakukan untuk mendapat spesifikasi konstruksi yang kuat dan hemat, tidak terkecuali pada batako yang merupakan komponen yang hampir selalu digunakan pada setiap konstruksi. (Mardewi, 2017)

Batako merupakan batu cetak campuran antara pasir, semen, dan air dengan perbandingan tertentu yang digunakan untuk pemasangan dinding. Di Indonesia batako sudah lama dikenal dan banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Batako terdiri dari dua jenis yaitu batako berlubang dan batako pejal.

Salah satu limbah yang sering mencemari adalah spanduk plastik yang habis pakai tidak digunakan lagi. Pemanfaatan spanduk plastik sebagai bahan polimer merupakan langkah yang baik, karena jika tidak ditanggulangi akan mengganggu kelestarian lingkungan sehingga diperlukan upaya untuk memanfaatkan limbah plastik yang semakin banyak. Menurut Anisa dan Anis (2016) telah meneliti kekuatan banding polimer dari spanduk plastik yaitu 21,97 MPa. Sehingga peneliti ingin mencoba memanfaatkan spanduk plastik sebagai bahan dalam pembuatan batako.

Batako merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan relatif kuat (Hendriyani, 2017). Menurut Nugroho (2014) Batako adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari campuran bahan perekat

hidrolis dan sejenisnya, air, dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak merugikan sifat dari batako tersebut.

Spanduk merupakan suatu kain rentang yang isinya propaganda, slogan, atau berita yang perlu diketahui oleh umum atau orang banyak (Usman, 2018). Menurut Maryana (2019) Spanduk merupakan jenis polimer berbahan dasar *flexy* atau *vynil*, yaitu berbahan jenis plastik polivinil dan nilon yang membentuk lembaran serat sintesis.

Superplasticizer (Sikacim concrete additive) adalah bahan tambahan kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar merata pada adukan batako yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* batako sampai pada tingkat yang cukup besar, bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif kecil karena sangat mudah mengakibatkan *bleeding* (Ariyani dan Laia, 2013).

Pada penelitian sebelumnya, Anisa (2016) tentang analisis sifat mekanis batako berbahan dasar limbah banner, dapat diambil kesimpulan yaitu sifat mekanis kuat tekan pada batako limbah banner dapat menghasilkan 51,09 kg/cm² dengan penambahan serat *banner* 0,40%.

Kukuh Ainnurdin (2016), Penambahan sikacim pada *permeaconcrete paving stone* sebagai *admixture* jika ditinjau dari nilai porositas dan sifat permeabilitas (kecepatan resap air dan lolos air) mengalami penambahan nilai pada setiap tipe *mix design* yang menggunakan *admixture*, sedangkan pada nilai lolos air tidak ada perbedaan yang signifikan. Berdasarkan nilai-nilai tersebut dapat dikatakan bahwa semakin banyak kadar *admixture* sikacim yang ditambahkan dalam campuran *permeaconcrete paving stone* menyebabkan rongga *paving* semakin menutup dan air meresap lebih lambat.

Eka Trikarlina (2017) meneliti tentang pemanfaatan abu sabut kelapa terhadap sifat fisis dan mekanis batako dengan perekat resin sikacim *concrete additive*. Dapat diambil kesimpulan bahwa uji sifat fisis batako mempunyai nilai daya serap air dan densitas air memenuhi standar SNI 03-0348-1989, namun memiliki nilai kerapatan yang melewati standar SNI 03-0348-1989. Sementara berdasarkan uji sifat mekanik batako mempunyai nilai kuat tekan yang memenuhi

standar SNI 03-0349-1989, namun memiliki nilai kuat patah yang tidak memenuhi standar SNI 03-0349-1989.

Berdasarkan hal tersebut maka penulis ingin meneliti tentang pembuatan batako dari bahan *banner* dengan perekat *sikacim concrete additive*. Dengan parameter yang akan diuji adalah sifat fisis meliputi (densitas, daya serap air) dan pengujian mekanis (pengujian kuat tekan, kuat patah). Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan batako dengan kualitas yang baik sesuai dengan SNI 03-0349-1989.

1.2. Rumusan masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang timbul yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan limbah *banner* dan perekat *sikacim concrete additive* terhadap karakteristik batako?
2. Bagaimana komposisi pencampuran *banner*, semen, dan pasir dengan penambahan *sikacim concrete additive* agar dihasilkan batako dengan karakteristik yang optimum?
3. Bagaimana aplikasi dari batako yang dihasilkan?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan batako menggunakan bahan dasar *banner*, semen, pasir, dan *sikacim concrete additive*.
2. Spanduk plastik yang digunakan adalah limbah spanduk yang sudah tidak terpakai lagi.
3. *Sikacim concrete additive* diperoleh secara komersial.
4. Pembuatan batako dengan variasi komposisi: *banner*, semen, pasir, dan perekat *sikacim concrete additive* adalah:

Sampel	<i>Banner</i>	Semen	Pasir	Sikacim <i>Concrete Additive</i>
A	0%	30%	70%	0,5%
B	0,5%	30%	69,5%	0,5%
C	1%	30%	69%	0,5%
D	1,5%	30%	68,5%	0,5%
E	2%	30%	68%	0,5%

Masing-masing dengan FAS sebesar 0,5.

5. Bahan dicetak secara manual menggunakan cetakan yang berukuran $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ dan $10 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$. Penjemuran batako dilakukan selama 28 hari.
6. Melakukan pengujian fisis dan mekanik pada sampel batako yang telah dihasilkan meliputi sifat uji fisis (densitas, penyerapan air) dan sifat uji mekanis (pengujian kuat tekan, kuat patah).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah *banner* dan perekat sikacim *concrete additive* terhadap karakteristik batako.
2. Untuk mengetahui komposisi pencampuran limbah *banner*, perekat, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* agar dihasilkan batako dengan karakteristik yang optimum.
3. Untuk mengetahui aplikasi batako yang dihasilkan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu referensi bagi peneliti yang akan melakukan penelitian di bidang batako.
2. Sebagai upaya untuk mengurangi limbah yang ada di masyarakat, khususnya limbah *banner*.
3. Sebagai alternatif produk batako dengan kualitas yang baik dan harga ekonomis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Banner (Spanduk)*

Spanduk merupakan suatu kain rentang yang isinya propaganda, slogan, atau berita yang perlu diketahui oleh umum atau orang banyak. Spanduk pada zaman sekarang ini sebagai media promosi yang cukup populer, karena harganya yang cukup murah serta proses pengerjaannya yang sangat cepat dan spanduk juga media promosi yang cukup ampuh dalam mempromosikan suatu barang. Dari banyaknya permintaan akan spanduk pada sekarang ini, banyak muncul perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang periklanan serta memiliki mesin Digital Print sendiri untuk membuatnya atau mencetak spanduk. Dari bertambah banyaknya jumlah perusahaan percetakan spanduk, bertambah pula akan jumlah limbah atau sampah dari hasil percetakan spanduk yang berupa potongan-potongan yang tidak terpakai. (Usman, 2018).



Gambar 2.1 Banner

Spanduk merupakan jenis polimer berbahan dasar *flexy* atau *vynil*, yaitu berbahan jenis plastik polivinil dan nilon yang membentuk lembaran serat sintetis. Serat polimer sintetis memiliki sifat tidak mudah kusut (licin), ringan, mudah dibentuk, kuat, sifat kimia yang stabil, dan kedap air. Limbah polimer sintesis bila

tidak ditangani dengan baik akan berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. (Maryana, 2019)

Jenis-jenis plastik sebagai berikut:

1. *Polyethylene Terephthalate* (PETE) fiber bebas kerut. Polyethylene Terephthalate sebagian besar digunakan untuk keperluan kemasan makanan dan minuman karena kemampuannya yang kuat untuk mencegah oksigen masuk dan merusak produk di dalamnya. Jenis plastik PETE membantu menjaga agar karbon dioksida dalam minuman berkarbonasi tidak keluar. Jenis plastik PETE biasanya digunakan pada botol air mineral, botol soda, botol minyak sayur, dan tempat plastik lainnya.
2. *High-Density Polyethylene* (HDPE) cukup spesial dari jenis plastik lainnya karena HDPE memiliki rantai polimer tunggal yang membuatnya sangat padat. Oleh karenanya, HDPE diketahui lebih kuat dan lebih tebal daripada PETE. HDPE digunakan sebagai botol sampo, botol obat, botol detergen, botol pemutih, botol susu yang berkemasan putih pucat, tempat mentega, tempat yogurt, tempat sampo, tempat sabun dan sejenisnya. Selain dapat didaur ulang dan digunakan berulang kali, HDPE juga relatif lebih stabil dari pada PETE.
3. *Polyvinyl Chloride* (PVC) digunakan sebagai bahan pembuat mainan, pipa plastik, kantong darah dan tabung medis. PVC atau vinil paling banyak digunakan sebagai resin plastik nomor dua di dunia setelah polietilen. Dalam hal toksisitas atau tingkat racunnya, PVC dianggap sebagai jenis plastik yang paling berbahaya. Penggunaannya dapat meluluhkan berbagai bahan kimia beracun seperti bisphenol A (BPA), ftalat, timbal, dioksin, merkuri, dan kadmium. Beberapa bahan kimia yang disebutkan ini dapat menyebabkan kanker, gejala alergi pada anak-anak dan mengganggu sistem hormonal manusia. Untuk itu, jenis plastik PVC jarang diterima oleh program daur ulang karena telah dinyatakan sebagai penyebab risiko kesehatan yang serius dan masalah pencemaran lingkungan.

4. *Low-Density Polyethylene (LDPE)* adalah jenis plastik yang paling banyak digunakan di dunia. Jenis plastik ini memiliki struktur kimia polimer plastik paling sederhana, sehingga sangat mudah dan sangat murah untuk diproses. LDPE sebagian besar digunakan untuk tas plastik belanjaan, tong sampah, kantong dry cleaning, kantong makanan beku, pelapis untuk karton susu kertas, cangkir minuman dan penutup kawat serta kabel. Jenis plastik ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. LDPE juga aman untuk didaur ulang dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia.
5. *Polypropylene (PP)* jenis plastik ini lebih kaku dan lebih tahan panas, sehingga PP banyak digunakan untuk wadah makanan panas. PP adalah pilihan bahan plastik yang paling aman untuk wadah makanan dan minuman, serta dapat digunakan berkali-kali karena sifatnya yang tahan lama. PP banyak digunakan sebagai tempat makan, tutup botol, sedotan, botol saus, dan lain-lain.
6. *Polystyrene (PS)* adalah jenis plastik yang biasa digunakan untuk styrofoam wadah makanan, karton telur, gelas dan mangkuk sekali pakai, dan helm sepeda. Styrene bisa juga didapatkan dari asap rokok, asap kendaraan dan bahan konstruksi gedung. Ketika terpapar dengan makanan panas dan berminyak, PS dapat melepaskan styrene yang dianggap sebagai racun otak dan sistem saraf, dapat mempengaruhi gen, paru-paru, hati, sistem kekebalan tubuh, mengganggu hormon estrogen yang berakibat pada masalah reproduksi. PS juga memiliki tingkat daur ulang yang rendah.
7. *Other* adalah semua jenis plastik selain yang telah diidentifikasi dan juga plastik yang dapat dicampur dengan jenis plastik lain, seperti bioplastik. Jenis plastik yang tergolong dalam kategori ini adalah SAN (Styrene acrylonitrile), ABS (acrylonitrile butadiene styrene), PC (poly carbonate), dan Nylon.

Bahan spanduk ini memiliki beberapa keunggulan dibanding media kain. Bahan spanduk plastik ini cukup kuat untuk digunakan dalam jangka waktu lama, selain dengan menggunakan teknologi digital print spanduk. (Agustinus, 2017)

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah SWT merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”. (QS. Al-Rum [30]:41)

Dari ayat di atas dapat dijelaskan bahwa Allah SWT sangat jelas memperingatkan manusia agar tidak membuat kerusakan di muka bumi. Salah satunya dengan tidak membuang limbah yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan. Langkah yang terbaik adalah mengolah limbah industri agar tidak menjadi bahan yang berbahaya.

2.2 Sikacim Concrete Additive

Superplasticizer (Sikacim concrete additive) adalah bahan tambahan kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar merata pada adukan batako yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* batako sampai pada tingkat yang cukup besar, bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif kecil karena sangat mudah mengakibatkan *bleeding*. (Ariyani dan Laia, 2013)



Gambar 2.2 Sikacim Concrete Additive

Sikacim *concrete additive* berfungsi sebagai bahan campuran adukan batako untuk mengurangi keropos, memudahkan pengecoran, dan mempercepat pengerasan batako dengan mengurangi pemakaian air sampai 15% (Sofyan dkk., 2014). Karakteristik dan kelebihan sikacim *concrete additive* yaitu mempercepat pengerasan batako, mengurangi kropos, dan meningkatkan daya tahan terhadap karbonasi dan memudahkan pengecoran. (Bobby dkk., 2018)

2.3 Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran batako yang saling diikat oleh perekat semen. Agregat yang banyak digunakan karena sifatnya yang ekonomis adalah pasir dan kerikil. Pasir dan kerikil alamiah yang terdapat pada tempat yang dangkal atau terletak di dasar sungai.

Sifat-sifat agregat mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku dari batako yang sudah mengeras, karena agregat biasanya mempunyai 60 – 80% dari isi total batako. Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam batako, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga batako. Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan.

1. Agregat Halus

Bagian yang lolos dari suatu ayakan tidak boleh lebih dari 45% dari yang tertahan pada ayakan berikutnya. Modulus kehalusan harus antara 2,3 - 3,2 mm. Agregat halus terdiri atas pasir alam, pasir hasil buatan, dan gabungan dari kedua pasir tersebut.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, granit, dan lain-lain. (Muslimin, 2016)

Pasir merupakan agregat halus yang terdiri atas butiran sebesar 0,14-5 mm, didapat dari bahan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahnya (*artificial sand*), tergantung dari kondisi pembentukan tempat terjadinya. Pasir

alam dapat dibedakan atas: pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut. Pasir merupakan bahan yang digunakan dengan tanah liat untuk membuat adukan. Kemudian pasir juga berpengaruh terhadap sifat tahan kekerasan pada produk bahan bangunan campuran tanah liat.

Pasir adalah contoh bahan mineral butiran. Butiran pasir umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter. Materi pembentuk pasir adalah silikon oksida, tetapi di beberapa pantai tropis dan subtropis umumnya dibentuk dari batu kapur. Pasir tidak dapat ditumbuhi tanaman, karena rongga-rongganya yang besar. (Nugraha, 2016)

2.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan batako yang penting namun harganya paling murah. Dalam pembuatan batako air diperlukan untuk bereaksi dengan semen portland dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dan dipadatkan). Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut (Standar SK SNI S-04-1989-F, spesifikasi bahan bangunan bagian A):

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram/liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak batako (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₃) lebih dari 1 gram/liter.

Air harus terbebas dari zat-zat yang membahayakan beton, di mana pengaruh zat tersebut antara lain:

1. Pengaruh adanya garam-garam mangan, timah, seng, tembaga, dan timah hitam dengan jumlah cukup besar pada air adukan akan menyebabkan pengurangan kekuatan beton.

2. Pengaruh adanya seng klorida dapat memperlambat ikatan awal beton sehingga beton belum memiliki kekuatan yang cukup dalam umur 2 – 3 hari.
3. Pengaruh adanya sodium karbonat dan potasioium dapat menyebabkan ikatan awal sangat cepat dan dalam konsentrasi yang besar akan mengurangi kekuatan beton.
4. Pengaruh air laut yang umumnya mengandung 3,5% larutan garam, sekitar 78 persennya adalah sodium klorida dan 15 persennya adalah magnesium sulfat akan dapat mengurangi kekuatan beton sampai 20% dan dapat memperbesar resiko terhadap korosi tulangnya.
5. Pengaruh adanya ganggang yang mungkin terdapat dalam air atau pada permukaan butir-butir agregat, bila tercampur dalam adukan akan mengurangi rekatan antara permukaan butir agregat dan pasta.
6. Pengaruh adanya kandungan gula yang mungkin juga terdapat dalam air. Bila kandungan itu kurang dari 0,05% dari berat air tampaknya tidak berpengaruh terhadap kekuatan beton. Namun dalam jumlah yang lebih banyak dapat memperlambat ikatan awal dan kekuatan beton dapat berkurang. (Syarifuddin, 2018)

2.5 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor Air Semen (FAS) adalah perbandingan berat air dengan berat semen yang digunakan dalam bentuk beton, batako, mortar maupun pengerjaan lainnya. Faktor air semen yang sangat tinggi dapat menyebabkan mortar, beton, batako yang dihasilkan memiliki kuat tekan rendah dan semakin rendah faktor air semen membuat batako yang dihasilkan memiliki kuat desak tinggi. Demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan batako akan semakin tinggi. Nilai faktor semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya menyebabkan mutu batako menurun. Oleh karena itu, ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya

nilai faktor semen minimum untuk beton maupun batako normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,6. (Ariyani dan Laia, 2013)

Untuk menghitung FAS menggunakan rumus sebagai berikut:

$$FAS = \frac{W}{C} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

W = Berat air

C = Berat semen

2.6 Semen Portland

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton atau batako. Menurut ASTM (*American Standard Testing and Material*) C-150,1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SNI (Standar Nasional Indonesia) 0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat.

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen portland adalah kapur (CaO) sekitar 60 – 65%, silika (SiO₂) sekitar 20 – 25%, dan oksida besi serta alumina (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) sekitar 7 – 12%.

Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kepadatan, dan kekuatan tekan. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing sifat. (Mulyono, 2004)

1. Kehalusan Butir

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butir semen dinamakan penampang spesifik, yaitu luas butir permukaan semen. Jika permukaan penampang semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

2. Kepadatan (*density*)

Berat jenis semen yang disyaratkan adalah $3,15 \text{ kg/m}^3$. Pada kenyataannya, berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara $3,05 \text{ kg/m}^3$ sampai $3,25 \text{ kg/m}^3$. Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran.

3. Waktu pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan.

4. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan semen diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dibentuk menjadi kubus-kubus berukuran $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}^3$. Setelah berumur 3, 7, 14, dan 28 hari dan mengalami perawatan dengan perendaman, benda uji tersebut diuji kekuatan tekannya.

2.7 Batako

Batako atau disebut juga bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis dan sejenisnya, air dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak merugikan sifat dari batako tersebut. (Nugroho, 2014)

Batako terdiri atas dua jenis, yaitu batako jenis berlubang (*hollow*) dan batako yang padat (*solid*). Dari hasil pengeringan terlihat bahwa batako yang jenis solid lebih padat dan mempunyai kekuatan yang lebih baik. Batako berlubang mempunyai luas penampang lubang dan isi lubang masing-masing tidak melebihi 5% dari seluruh luas permukaannya. (Syaifuddin, 2018)

Ukuran dan jenis batako bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan yaitu sebagai berikut:

1. Batako Ringan

Bata ringan dibuat dari bahan baku pasir kuarsa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk batako ringan. Berat jenis sebesar 1850 kg/m^3 dapat dianggap sebagai batasan atas dari batako ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi. Dimensinya yang lebih besar dari bata konvensional yaitu 60 cm x 20 cm dengan ketebalan 7 hingga 10 cm menjadikan pekerjaan dinding lebih cepat selesai dibandingkan bata konvensional.

2. Batako Putih (*Trass*).

Batako putih terbuat dari campuran trass, batu kapur, dan air. Campuran tersebut dicetak. Trass merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecokelatan yang berasal dari pelapukan batu-batu gunung berapi. Warnanya ada yang putih dan ada juga yang putih kecokelatan. Umumnya memiliki ukuran panjang 2,5 – 3 cm, tebal 8 – 10 cm, dan tinggi 14 – 18 cm.

3. Batako Press

Batako press dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu bata. Ada yang dibuat secara manual (menggunakan tangan), ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat dilihat pada kepadatan permukaannya. Umumnya memiliki ukuran panjang 36 – 40 cm, tebal 8 – 10 cm, dan tinggi 18 – 20 cm.

Batako diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu batako normal dan batako ringan. Batako normal tergolong batako yang memiliki densitas sekitar $2200 - 2400 \text{ kg/m}^3$ dan kekuatannya tergantung komposisi campuran beton (mix design). Sedangkan untuk batako ringan adalah batako yang memiliki densitas $<1800 \text{ kg/m}^3$, begitu juga kekuatannya biasanya disesuaikan pada penggunaan dan pencampuran bahan bakunya. Menurut Syaifuddin (2018), dewasa ini penggunaan batako sebagai bahan pembuat dinding lebih dipilih mengingat batako mempunyai kelebihan dibanding bahan bangunan lain.

Adapun kelebihan batako adalah sebagai berikut:

1. Praktis: mudah pemasangannya dan sangat cepat. Perbandingan dengan bata merah 1:4. Batako padat memiliki 2 ukuran yaitu “satuan utuh” dan “tengahan”. Dengan adanya ukuran menengah tersebut, pekerja/tukang tidak perlu memotong batako satuan sendiri. Selain memakan waktu kerja, juga dapat mempengaruhi kerapian bangunan lainnya. Batako juga memiliki 2 jenis, khusus untuk pondasi (merah) dan khusus untuk dinding (kuning).
2. Cepat: karena mudah pemasangannya, otomatis cepat waktu dalam pengerjaannya. Penghematan waktu artinya penghematan biaya untuk ongkos tukang. Dengan batako tersebut bangunan dapat langsung diaci, tanpa pemlesteran terlebih dahulu. Sehingga kita tidak perlu kehilangan pasir dan semen lebih banyak. Dapat dibayangkan berapa banyak penghematan yang bisa kita lakukan.
3. Kuat: adukan dengan komposisi yang tepat dengan bahan yang baik, menjadi jaminan kualitas. Pasir putih, semen, dan puing ditambah pengeras, semua dengan variasi dan komposisi yang tepat. Komposisi penggunaan semen pada batako padat merah (khusus pondasi) tidak sama dengan batako padat kuning (khusus dinding), karena kita sesuaikan dengan fungsinya. Kekuatan batako juga disebabkan oleh bentuknya, yang dicetak sedemikian rupa sehingga memiliki daya ikat yang sangat kuat satu dengan yang lainnya. Batako memiliki cekungan disekelilingnya, yang menghasilkan ikatan/cengkeram yang sangat kuat.

4. Ekonomis: menyangkut harga dibandingkan dengan kualitas bangunan. Dinding $1 \times 1 \text{ m}^2$ menggunakan 19 batako, tanpa kita harus kehilangan biaya lebih untuk membeli pasir, semen dan ongkos tukang lebih banyak, 1 m^3 dapat digunakan untuk membangun dinding menjadi 11 m^2 . Penggunaan adukan dapat lebih hemat, tanpa ada adukan yang harus banyak terbuang karena jatuh ke tanah (pemlesteran). Karena bentuk dan ukuran tetap, perkiraan jumlah penggunaan batako dapat lebih mudah diprediksi. Sehingga resiko kelebihan pembelian batako dapat ditekan.

1. Kualitas Batako

Syarat-syarat Fisis Batako Pejal Mutu menurut SNI 03-0349-1989

Tabel 2.1. Syarat-syarat Fisis Batako Pejal Mutu

Batako pejal mutu	Kuat tekan minimum dalam kg/cm^3		Penyerapan air maksimum (% volume)
	Rata-rata dari 4 buah bata	Masing-masing	
B 100	100	90	25
B 70	70	65	35
B 40	40	35	-
B 25	25	21	-

2. Jenis dan Ukuran Batako

Syaifuddin (2018) menyatakan bahwa ukuran dan jenis batako bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan. Ukuran batako yang standar adalah sebagai berikut:

1. Type A ukuran $20 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ berlubang untuk tembok/dinding pemikul beban dengan tebal 20 cm.
2. Type B ukuran $20 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ berlubang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup atap pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
3. Type C ukuran $10 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ berlubang, digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm.
4. Type D ukuran $10 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ berlubang, digunakan sebagai dinding pengisi/pemisah dengan tebal 20 cm.

5. Type E ukuran $10 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ tidak berlubang untuk tembok-tembok setebal 10 cm, juga digunakan sebagai dinding pengisi atau pemikul sebagai hubungan sudut-sudut dan pertemuan.
6. Type F ukuran $8 \times 20 \times 40 \text{ cm}^3$ tidak berlubang digunakan sebagai dinding pengisi dengan tebal 20 cm. (Syarifuddin, 2018)

3. Aplikasi Batako

Aplikasi batako bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan yaitu sebagai berikut: (Maulia, 2019)

1. Batako mutu A digunakan untuk jalan. Batako mutu A diatas disyaratkan kuat tekan minimal 90 kgf/cm^2 dan rerata 100 kgf/cm^2 .
2. Batako mutu B digunakan untuk peralatan parkir. Batako mutu B diatas disyaratkan kuat tekan minimal 65 kgf/cm^2 dan rerata 70 kgf/cm^2 .
3. Batako mutu C digunakan untuk pejalan kaki. Batako mutu C diatas disyaratkan kuat tekan minimal 35 kgf/cm^2 dan rerata kgf/cm^2 .
4. Batako mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain. Batako mutu D diatas disyaratkan kuat tekan minimal 21 kgf/cm^2 dan rerata 25 kgf/cm^2 .

2.8 Karakteristik Batako

Adapun karakteristik batako yaitu:

1. Densitas

Kerapatan erat hubungannya dengan kekuatan batako, makin tinggi kerapatan batako akan menyebabkan semakin luas pula kontak antar partikel dengan perekatnya, sehingga akan menghasilkan kekuatan batako yang lebih tinggi pula. (Siregar, 2017)

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Batako normal menurut SNI 03-2847-2002 memiliki densitas sekitar $2,2 - 2,4 \text{ g/cm}^3$. Tinggi rendahnya densitas bata beton ini dipengaruhi oleh material bahan dasar dan proses penumbukan. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama

yang memiliki densitas yang lebih rendah. Persamaan untuk menentukan massa jenis sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.2)$$

Dengan:

ρ = Massa jenis batako (g/cm³)

m = Massa batako (g)

v = Volume batako (cm³)

2. Daya Serap Air

Untuk uji absorpsi semua komposisi batako memenuhi persyaratan SNI, karena berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton (batako), persyaratan nilai penyerapan air maksimum adalah 25%. Nilai penyerapan air mencerminkan kemampuan benda uji untuk menyerap air setelah direndam selama 3 hari. Air yang masuk terdiri dari air yang langsung masuk melalui rongga-rongga kosong di dalam benda uji dan air yang masuk ke dalam partikel-partikel penyusun. Pengujian daya serap air ini bertujuan untuk mengetahui banyaknya air yang mampu diserap oleh benda uji dalam waktu 3 hari. Nursyahid (2016) besar penyerapan air dihitung sebagai berikut:

$$p = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dengan:

p = Persentase air yang terserap batako

m_b = Massa batako setelah direndam dalam air (g)

m_k = Massa batako kering (g)

3. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan batako adalah kemampuan batako untuk menerima gaya tekan persatuan luas, walaupun didalam batako terdapat tegangan tarik yang kecil. Rumus untuk menghitung nilai kuat tekan sebagai berikut (Anisa, 2016):

$$p = \frac{F}{A} \quad (2.4)$$

Dengan:

p = Kuat tekan sampel (kgf/cm²)

F = Beban tekan maksimum (kgf)

A = Luas tekan penampang sampel (cm²)

4. Kuat Patah (*Bending Strength*)

Kekuatan patah sering juga disebut dengan *Modulus of Rupture* (MOR) yang menyatakan ukuran ketahanan material terhadap tekanan mekanis dan tekanan panas (*Thermal Stress*) selama penggunaannya: (Indah, 2019)

$$B_s = \frac{3.P.L}{2b.h^2} \quad (2.5)$$

Dengan:

B_s = kekuatan patah (kgf/cm²)

P = gaya pada puncak beban (kgf)

L = jarak antara tumpuan (cm)

h = tinggi benda uji (cm)

b = lebar benda uji (cm)

2.9 Penelitian yang Relevan

Pada penelitian sebelumnya, Kukuh Ainnurdin (2016), Penambahan sikacim pada *permeaconcrete paving stone* sebagai *admixture* jika ditinjau dari nilai porositas dan sifat permeabilitas (kecepatan resap air dan lolos air) mengalami penambahan nilai pada setiap tipe mix design yang menggunakan *admixture*, sedangkan pada nilai lolos air tidak ada perbedaan yang signifikan. Berdasarkan nilai-nilai tersebut dapat dikatakan bahwa semakin banyak kadar *admixture* sikacim yang ditambahkan dalam campuran *permeaconcrete paving stone* menyebabkan rongga *paving* semakin menutup dan air meresap lebih lambat. Hal ini ditunjukkan dengan terjadinya penambahan 0,1% sikacim didapatkan nilai porositas 22,09%, kecepatan serap air 0,413 cm/detik, dan lolos air 92,5%. Penambahan 0,2% sikacim didapatkan nilai porositas 23,69%, kecepatan serap air 0,415 cm/detik, dan lolos air 92,33%. Penambahan 0,3% sikacim didapatkan nilai porositas 23,69%, kecepatan air 0,415 cm/detik, dan

lolos air 92,33%. Penambahan 0,4% sikacim didapatkan nilai porositas 22,89%, kecepatan air 0,417 cm/detik, dan lolos air 92,33%. Penambahan 0,5% sikacim didapatkan nilai porositas 24,50%, kecepatan air 0,419 cm/detik, dan lolos air 92,33%. Dari hasil tersebut diperoleh campuran 0% permeaconcrete *paving stone* yang optimum untuk mendapatkan nilai porositas sebesar 21,29% dan kecepatan serap air yaitu sebesar 0,427%.

Agustinus (2017) meneliti tentang penambahan limbah spanduk plastik pada campuran batako ditinjau dari kuat tekan batako mengalami penambahan dan penurunan kuat tekan pada setiap penambahan limbah spanduk plastik. Dapat dikatakan bahwa semakin banyak limbah spanduk plastik yang ditambahkan dalam campuran berbagai tipe menyebabkan nilai kuat tekan tidak selalu mengalami peningkatan. Hal ini ditunjukkan kuat tekan beton 1% mencapai 35,56 MPa, meningkat sekitar 4,95% dari campuran 0%. Pada campuran 0,25% serat terlihat adanya penurunan kekuatan tekan hampir 16,5%.

Bobby (2018) dari hasil penelitian kuat tekan tertinggi terdapat pada perlakuan k_1 dengan serbuk kerang bulu 5% dan sikacim *concrete additive* sebesar 10,4 MPa merupakan mutu I dan kuat tekan terendah 7,4 MPa merupakan mutu II sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Dan absorpsi tertinggi terdapat pada perlakuan k_3 dengan pemberian serbuk kerang bulu 25% dan sikacim *concrete additive* sebesar 5,48% dan absorpsi terendah terdapat pada perlakuan k_1 5% sebesar 3,89% merupakan mutu I sesuai SNI 03-0349-1989. Kemudian komposisi terbaik pembuatan batako dari serbuk kulit kerang bulu (Anadara antiquate) dan sikacim *concrete additive* terdapat pada k_1 dengan variasi 5% untuk pengujian kuat tekan dan absorpsi.

2.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat pengaruh penambahan limbah *banner* dan perekat sikacim *concrete additive* terhadap karakteristik batako.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive*.

3.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei – Juni 2021.

3.2 Tempat Penelitian

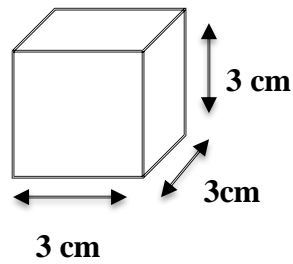
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Jln. Perpustakaan No. 19, Medan.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

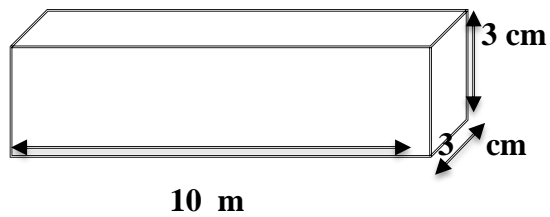
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Jangka sorong
Jangka sorong digunakan untuk pengujian ukuran tebal batako.
2. Mistar (penggaris)
Meteran/penggaris digunakan untuk mengukur panjang batako.
3. Ember (wadah)
Ember digunakan untuk pencampuran bahan.
4. Sendok Semen
Sendok semen digunakan untuk mengaduk campuran semen, limbah, agregat, dan sikacim *concrete additive*.
5. Neraca Digital
Timbangan digunakan untuk mengukur massa batako.
6. UTM (*Universal Testing Machine*)
UTM digunakan untuk mengetahui tingkat kualitas pada bahan.
7. Cetakan sampel
 - a. Berbentuk kubus dengan ukuran 3 cm x 3 cm x 3 cm
Dimana untuk pengujian densitas, daya serap air, dan kuat tekan.



- b. Berbentuk balok dengan ukuran 10 cm x 3 cm x 3 cm

Dimana untuk pengujian kuat patah



8. Pipet Tetes

Pipet tetes digunakan untuk memindahkan cairan skala kecil dari satu media ke media lainnya.

9. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong spanduk.

3.3.2 Bahan Penelitian

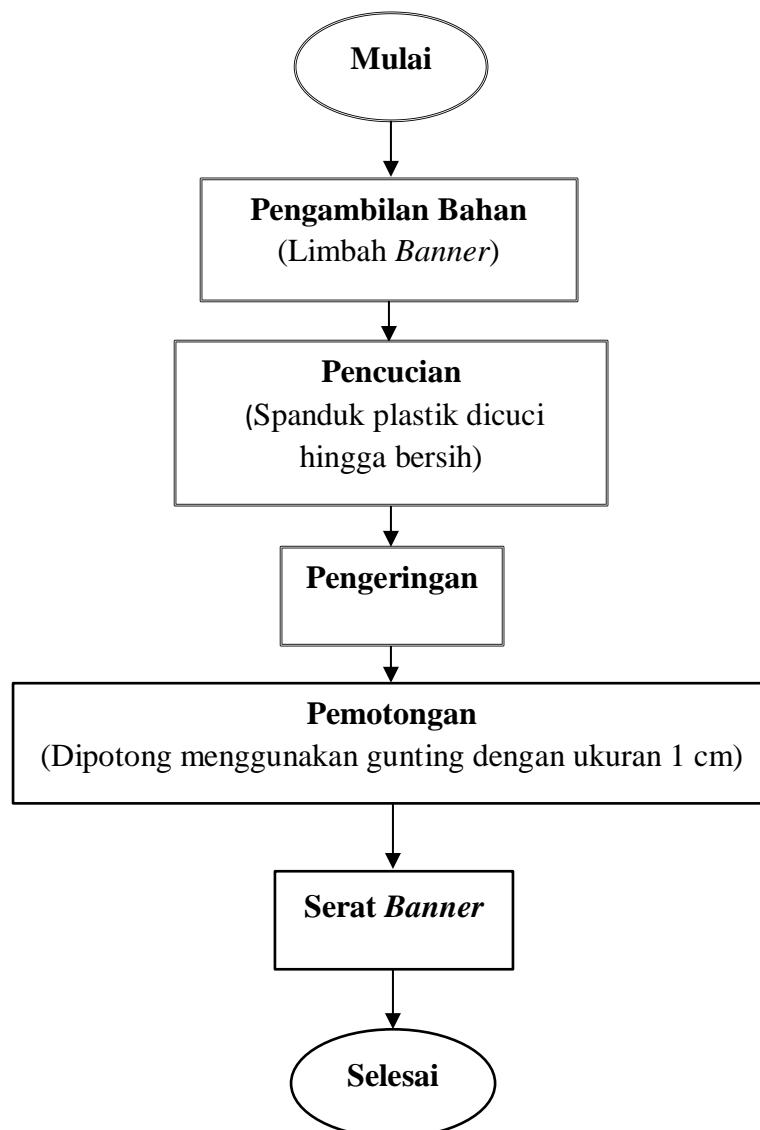
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Limbah Banner
2. Semen Portland
3. Pasir
4. Sikacim *concrete additive*
5. Air

3.4 Diagram Alir

3.4.1 Tahap Pembuatan Potongan Limbah *Banner*

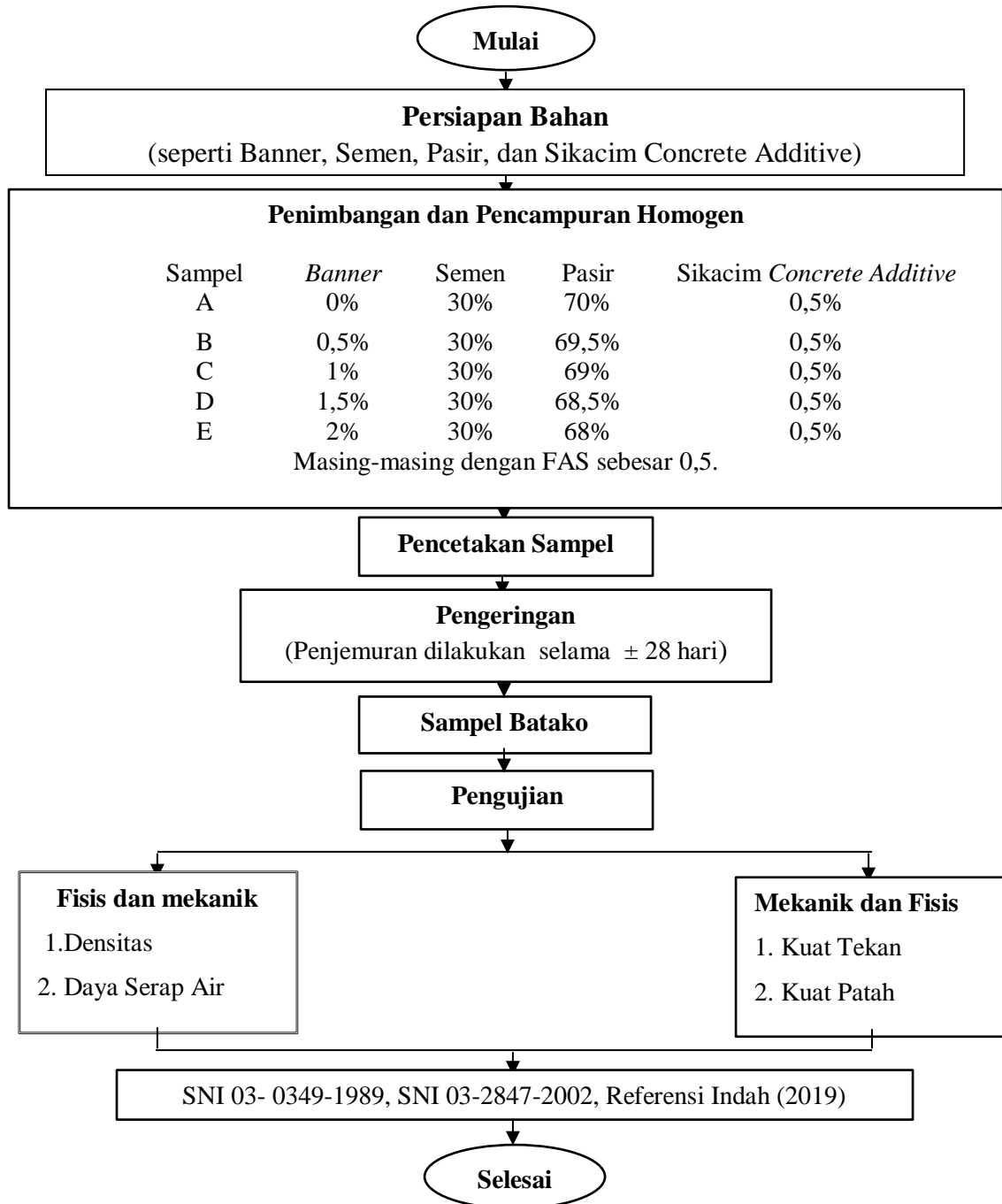
Tahap pembuatan potongan limbah *banner* dapat dilihat pada gambar diagram alir di bawah ini:



Gambar 3.1. Tahap Pembuatan Potongan Limbah *Banner*

3.4.2 Tahap Pembuatan dan Pengujian sampel Batako

Tahap pembuatan dan pengujian sampel batako dapat dilihat pada diagram alir di bawah ini:



Gambar 3.2. Diagram Alir Pembuatan dan Pengujian Batako

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1. Prosedur Pembuatan Potongan Limbah *Banner*

Adapun prosedur pembuatan limbah *banner* yaitu:

1. Disiapkan *banner*.
2. Dilakukan proses pencucian *banner* sampai bersih.
3. Dilakukan proses pengeringan *banner* dibawah sinar matahari.
4. Kemudian *banner* dipotong menggunakan gunting dengan ukuran 1 cm.
5. Dihasilkan potongan *banner*.

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan batako berbahan dasar pasir, semen, dengan campuran limbah *banner* dengan penambahan sikacim *concrete additive* yang kemudian diuji sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989. Parameter yang diuji terdiri atas: densitas, daya serap air, kuat tekan, kuat patah.

3.5.2. Prosedur Pembuatan dan Pengujian Batako Limbah *Banner*

Adapun prosedur pembuatan batako limbah *banner* yaitu:

1. Disiapkan bahan campuran batako yaitu limbah *banner*, semen, dan pasir.
2. Dilakukan penimbangan bahan dengan menggunakan timbangan dan dilakukan pencampuran bahan secara homogen dengan variasi campuran *banner*, pasir, semen, sikacim *concrete additive*.
3. Adonan sampel dituangkan ke dalam cetakan yang menggunakan cetakan berukuran $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ dan $10 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$.
4. Dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari selama ± 28 hari.
5. Dihasilkan sampel batako limbah *banner*.
6. Dilakukan pengujian batako sifat fisis (densitas, daya serap air), sifat mekanik (kuat tekan, kuat patah)
7. Kemudian diuji sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989.

3.6 Prosedur Karakterisasi

3.6.1 Densitas

Pengujian densitas dapat dilakukan dengan langkah–langkah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji.
2. Ditimbang masa benda uji.
3. Diukur besar volume dari masing-masing variasi benda uji.
4. Dihitung nilai densitas masing-masing benda uji dari data yang dilakukan .
5. Dicatat besar nilai densitas yang dihasilkan.

3.6.2 Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji, wadah perendam, dan air secukupnya.
2. Ditimbang massa benda uji kering dan catat hasilnya.
3. Dimasukkan air ke dalam wadah tersebut secukupnya, kemudian benda uji dimasukkan ke dalam wadah tersebut dan direndam selama 24 jam.
4. Setelah benda uji diangkat dari wadah perendaman, kemudian dihitung massa benda uji basah.
5. Dihitung nilai daya serap air masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
6. Dicatat nilai daya serap air yang dihasilkan.

3.6.3 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji batako.
2. Diukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya.
3. Diletakkan benda uji (3x3x3) cm³ pada alat uji kuat tekan yaitu UTM.
4. Diatur jarum alat kuat tekan tepat pada angka nol.

5. Dinyatakan tombol power kemudian mengamati jarum petunjuk beban, sambil memberikan beban nilai tekan (F) dari atas perlahan demi perlahan sampai batako hancur.
6. Dicatat besarnya nilai tekan maksimum yang terbaca pada jarum.
7. Diulangi kegiatan 3 kali pengulangan dengan menggunakan sampel uji untuk kode sampel komposisi yang berbeda.

3.6.4 Kuat Patah

Pengujian kuat patah dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Disiapkan benda uji batako.
2. Diukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat patahnya.
3. Diletakkan benda uji ($10 \times 3 \times 3$) cm^3 pada alat uji kuat patah yaitu UTM.
4. Diatur jarum alat-alat kuat patah tepat pada posisi nol.
5. Dinyatakan alat kuat patah kemudian membaca jarum petunjuk beban sambil memberikan beban patah (P) dari atas perlahan demi perlahan sampai batako tersebut patah.
6. Dicatat besarnya nilai beban patah maksimum yang terbaca pada jarum alat kuat patah.
7. Diulangi kegiatan 3 kali pengulangan untuk sampel uji dengan komposisi berbeda

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Sifat Fisis

Karakterisasi sifat fisis dilakukan untuk beberapa komposisi variasi campuran melalui pengukuran densitas dan daya serap air.

4.1.1 Densitas

Dari hasil penelitian pembuatan batako dengan campuran limbah *banner*, semen, pasir, air dengan penambahan sikacim *concrete additive* diperoleh data pengukuran densitas sebagai berikut:

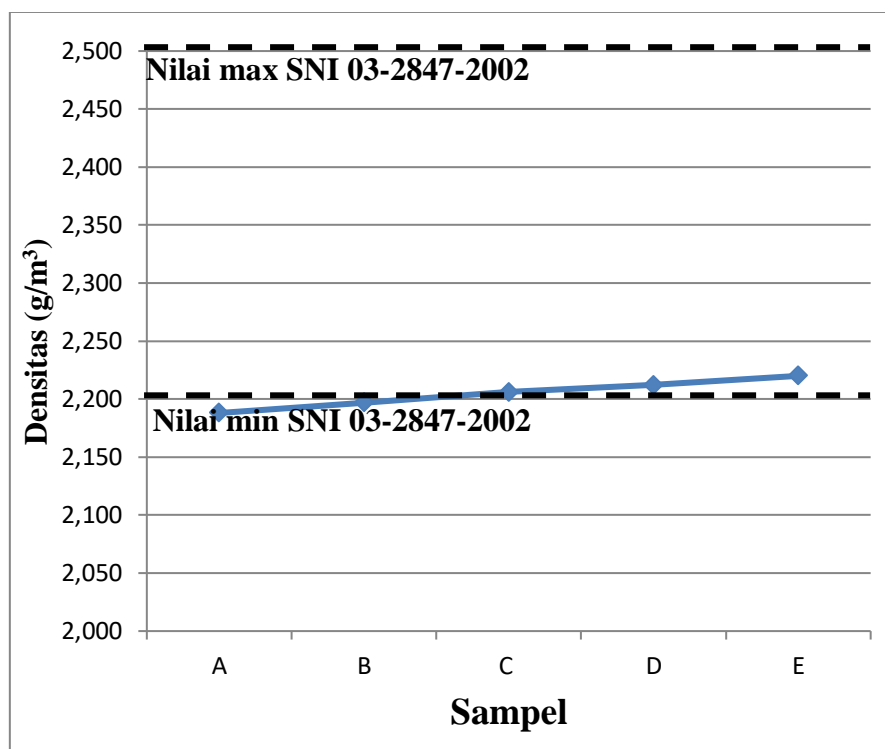
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Densitas

Sampel	Kode Sampel	Densitas (g/cm ³)	Densitas Rata-rata (g/cm ³)	SNI 03-2847-2002 (g/cm ³)
A	A ₁	2,177	2,188	2,2 – 2,5
	A ₂	2,196		
	A ₃	2,193		
B	B ₁	2,208	2,197	
	B ₂	2,168		
	B ₃	2,217		
C	C ₁	1,829	2,206	
	C ₂	2,375		
	C ₃	2,415		
D	D ₁	2,230	2,212	
	D ₂	2,200		
	D ₃	2,206		
E	E ₁	2,246	2,220	
	E ₂	2,242		
	E ₃	2,173		

Dari Tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa nilai densitas pada sampel A sebesar 2,188 g/cm³, sampel B nilai densitasnya sebesar 2,197 g/cm³, sampel C nilai densitasnya sebesar 2,206 g/cm³, sampel D nilai densitasnya sebesar 2,212 g/cm³, sampel E nilai densitasnya sebesar 2,220 g/cm³. Dari data di atas

menunjukkan bahwa nilai densitas yang memenuhi standar SNI 03-2847-2002 adalah C, D, dan E.

Grafik pengujian komposisi limbah *banner*, pasir, semen, air, dan sikacim *concrete additive* terhadap densitas dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik Pengukuran Densitas Batako

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan nilai densitas seiring dengan penambahan limbah *banner*. Nilai densitas tertinggi terdapat pada sampel E (2%:30%:68%:0,5%) yaitu sebesar 2,220 g/cm³. Sedangkan nilai densitas terendah terdapat pada sampel A (0%:30%:70%:0,5%) yaitu sebesar 2,188 g/cm³. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh bertambahnya limbah *banner* yang secara fisis mengalami interaksi dengan semen, pasir, sikacim *concrete additive* melalui rongga-rongga yang diisi. Semakin bertambahnya limbah *banner*, maka nilai densitas semakin tinggi.

4.1.2 Daya Serap Air

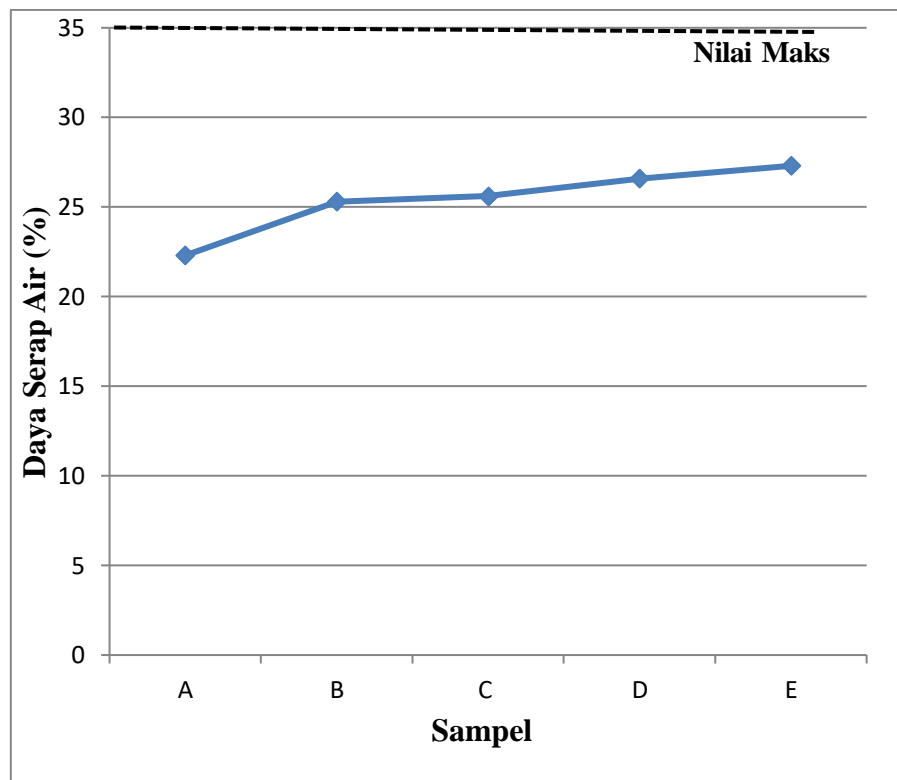
Dari hasil penelitian daya serap air sampel batako yang telah direndam selama 24 jam diperoleh data pengujian daya serap air sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Daya Serap Air

Sampel	Kode Sampel	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-rata (%)	SNI 03-0345-1989 (%)
A	A ₁	22	22,3	Maks 35
	A ₂	21		
	A ₃	24		
B	B ₁	22	25,3	
	B ₂	23		
	B ₃	31		
C	C ₁	28	25,6	
	C ₂	26		
	C ₃	23		
D	D ₁	25	26,6	
	D ₂	26		
	D ₃	29		
E	E ₁	25	27,3	
	E ₂	33		
	E ₃	24		

Dari Tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa nilai daya serap air pada sampel A sebesar 22,3%, sampel B nilai daya serap air nya sebesar 25,3%, sampel C nilai daya serap air nya sebesar 25,6%, sampel D nilai daya serap air nya sebesar 26,6%, sampel E nilai daya serap air nya sebesar 27,3%. Semua sampel memenuhi SNI 03-0349-1989.

Grafik pengujian komposisi limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* terhadap daya serap air dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini:



Gambar 4.2 Grafik Pengujian Daya Serap Air Batako

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan daya serap air seiring dengan penambahan limbah *banner*. Nilai daya serap air tertinggi terdapat pada sampel E (2%:30%:68%:0,5%) yaitu sebesar 27,3%. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh bertambahnya limbah *banner* yang secara fisis mengalami interaksi dengan semen, pasir, sikacim *concrete additive* melalui rongga-rongga yang diisi. Seiring dengan bertambahnya campuran limbah *banner*, maka nilai daya serap air semakin tinggi, hal ini sesuai juga dengan penelitian Agustinus Agus Setiawan (2017) yang menyatakan bahwa semakin bertambahnya limbah *banner* yang digunakan, maka nilai daya serap air batako akan semakin tinggi.

4.2 Karakterisasi Sifat Mekanis

Karakterisasi sifat mekanis dilakukan untuk beberapa komposisi variasi campuran melalui uji kuat tekan dan kuat patah.

4.2.1 Kuat Tekan

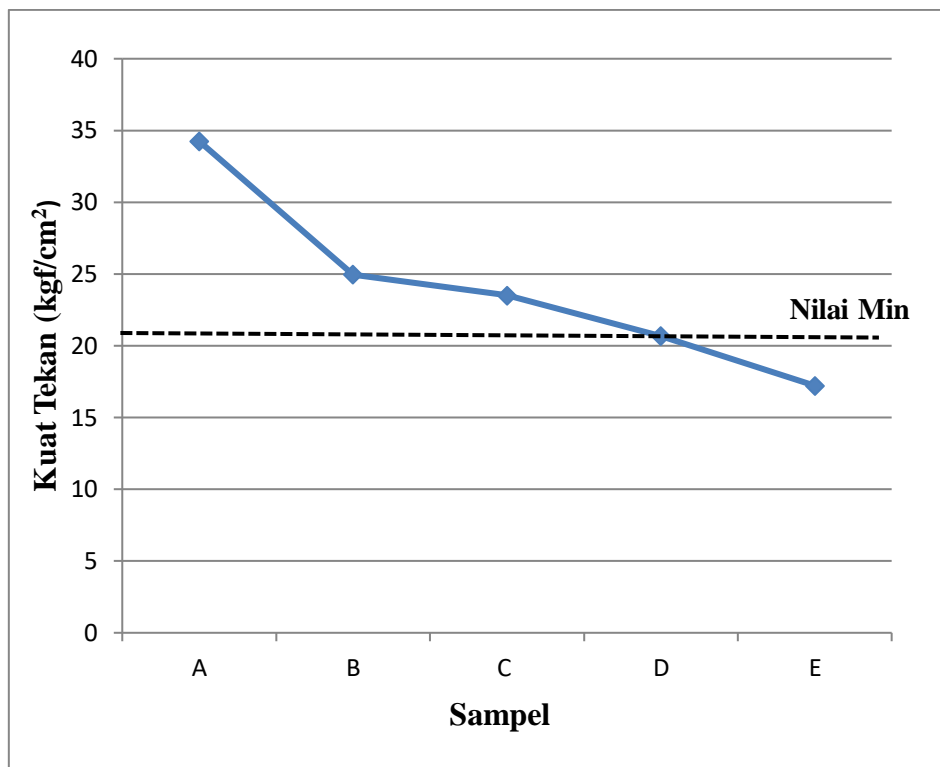
Proses perhitungan kuat tekan sampel batako menggunakan parameter hasil pengukuran yaitu luas bidang tekan dan beban tekan. Kedua parameter tersebut diukur dengan menggunakan alat UTM (*universal Testing Machine*).

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

Sampel	Kode Sampel	Kuat Tekan (kgf/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (kgf/cm ²)	SNI 03-0345-1989 (kgf/cm ²)
A	A ₁	36,11	34,25	Min 21
	A ₂	33,88		
	A ₃	32,77		
B	B ₁	26,33	24,96	
	B ₂	24,66		
	B ₃	23,77		
C	C ₁	23,55	23,51	
	C ₂	22,66		
	C ₃	24,33		
D	D ₁	21,66	20,68	
	D ₂	21,00		
	D ₃	19,44		
E	E ₁	18,33	17,22	
	E ₂	17,22		
	E ₃	16,11		

Dari Tabel 4.3 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada sampel A sebesar 34,25 kgf/cm², sampel B nilai kuat tekannya sebesar 24,96 kgf/cm², sampel C nilai kuat tekannya sebesar 23,51 kgf/cm², sampel D 20,68 kgf/cm² dan sampel E nilai kuat tekannya sebesar 17,22 kgf/cm². Dari data di atas menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang memenuhi nilai standar SNI 03-0349-1989 adalah A, B, C.

Grafik pengujian komposisi limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini:



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Kuat Tekan Batako

Dari Gambar 4.3 di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai kuat tekan seiring dengan bertambahnya limbah *banner*. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada sampel A (0%:30%:70%:0,5%) yaitu sebesar 34,25 kgf/cm². Sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada sampel E (2%:30%:68%:0,5%) yaitu sebesar 17,22 kgf/cm². Hal ini menunjukkan adanya pengaruh bertambahnya limbah *banner* yang secara fisis mengalami interaksi dengan semen, pasir, sikacim *concrete additive* melalui rongga-rongga yang diisi. Semakin bertambahnya limbah *banner*, maka nilai kuat tekan semakin rendah, hal ini sesuai dengan penelitian Agustinus Agus Setiawan (2017) yang menyatakan bahwa nilai kuat tekan pada setiap batako mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya limbah *banner*.

4.2.2 Kuat Patah (*Bending Strength*)

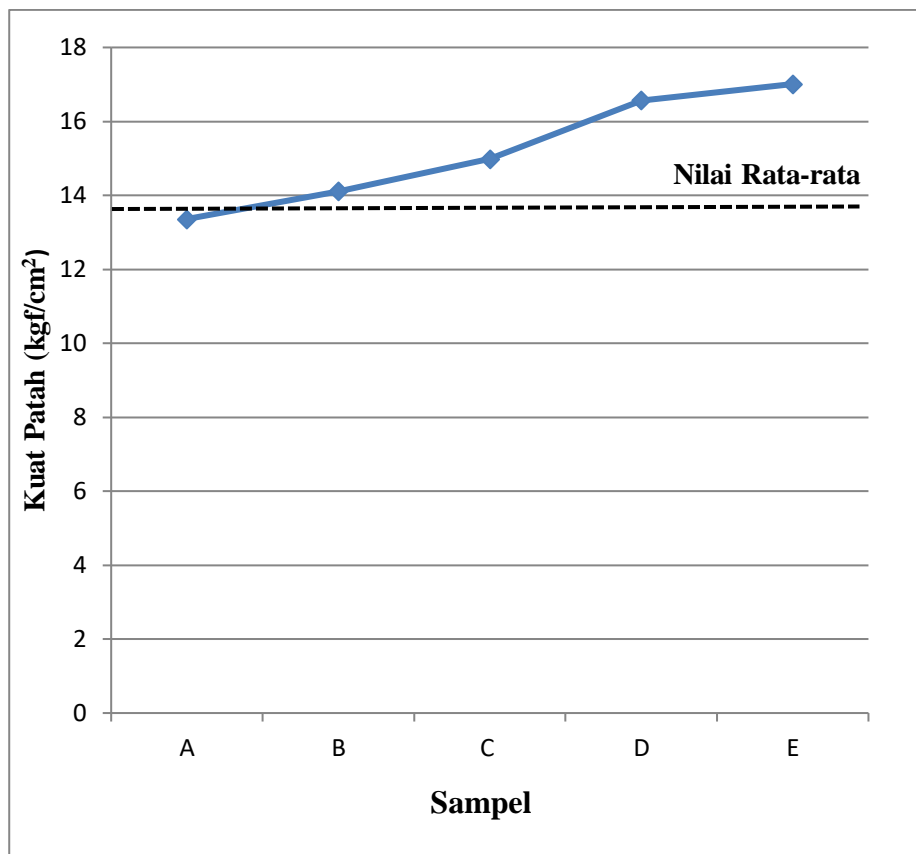
Pengujian kuat patah sampel batako dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Hasil data pengujian kuat patah batako dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Kuat Patah

Sampel	Kode Sampel	Kuat Patah (kgf/cm ²)	Kuat Patah Rata-rata (kgf/cm ²)	Referensi (Rata-rata)
A	A ₁	13,70	13,36	13,43 kgf/cm ² (Indah, 2019)
	A ₂	12,60		
	A ₃	13,86		
B	B ₁	13,97	14,11	
	B ₂	14,18		
	B ₃	14,20		
C	C ₁	14,75	14,98	
	C ₂	15,01		
	C ₃	15,18		
D	D ₁	17,03	16,57	
	D ₂	16,61		
	D ₃	16,08		
E	E ₁	16,65	17,01	
	E ₂	17,07		
	E ₃	17,23		

Dari Tabel 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat patah pada sampel A sebesar 13,36 kgf/cm², sampel B nilai kuat patahnya sebesar 14,11 kgf/cm², sampel C nilai kuat patahnya sebesar 14,98 kgf/cm², sampel D nilai kuat patahnya sebesar 16,57 kgf/cm², dan sampel E nilai kuat patahnya sebesar 17,01 kgf/cm².

Grafik pengujian komposisi limbah *banner*, sampel, pasir, dengan penambahan sikacim *concrete additive* terhadap kuat patah dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini:



Gambar 4.4 Grafik Pengujian Kuat Patah Batako

Dari Gambar 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat patah mengalami kenaikan seiring dengan pencampuran limbah *banner*, semen, pasir dengan penambahan sikacim *concrete additive*. Nilai kuat patah tertinggi terdapat pada sampel E (2%:30%:68,5%:0,5%) yaitu sebesar 17,01 kgf/cm². Sedangkan nilai kuat patah terendah terdapat pada sampel A (0%:30%:70%:0,5%) yaitu sebesar 13,36 kgf/cm². Hal ini disebabkan kurangnya homogen bahan campuran batako, kurangnya pemadatan dan penekatan pada saat pencetakan batako. Semakin bertambahnya limbah *banner*, maka nilai kuat patah semakin tinggi.

4.3 Pembahasan Penelitian

Dari hasil penelitian pembuatan batako dengan penambahan limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* menghasilkan:

1. Limbah *banner*, semen, pasir, dengan penambahan sikacim *concrete additive* dapat dijadikan sebagai bahan campuran pada pembuatan batako. Hal tersebut dapat dibuktikan dari sebagian nilai daya serap air dan sebagian nilai kuat tekan yang sudah memenuhi syarat mutu C pada batako

yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0349-1989. Syarat maksimum pada batako yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0349-1989 untuk nilai daya serap air yaitu maksimal sebesar 35%. Sedangkan, syarat minimum pada batako yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0349-1989 untuk nilai kuat tekan yaitu sebesar 21 kgf/cm².

2. Nilai densitas pada batako adalah 2,211 g/cm³ sampai dengan 2,248 g/cm³. Terjadi kenaikan densitas seiring dengan bertambahnya jumlah limbah *banner*. Nilai densitas seluruh sampel telah memenuhi standar SNI 03-2847-2002 yaitu sebesar 2,2 - 2,5 g/cm³.
3. Nilai daya serap air pada batako adalah 22,3% sampai dengan 27,3%. Terjadi kenaikan daya serap air seiring dengan bertambahnya jumlah limbah *banner*. Nilai daya serap air seluruh sampel telah memenuhi standar SNI 03-0349-1989 yaitu maksimum sebesar 35%.
4. Nilai kuat tekan pada batako adalah 17,22 kgf/cm² sampai dengan 34,25 kgf/cm². Terjadi penurunan kuat tekan seiring dengan bertambahnya jumlah limbah *banner*. Nilai kuat tekan seluruh sampel telah memenuhi standar SNI 03-0349-1989 yaitu minimum sebesar 21 kgf/cm², kecuali sampel D dan sampel E.
5. Nilai kuat patah pada batako adalah 13,36 kgf/cm² sampai dengan 16,98 kgf/cm². Terjadi kenaikan nilai kuat patah seiring dengan bertambahnya jumlah limbah *banner*.
6. Komposisi pencampuran limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* yang memberikan karakteristik yang optimum adalah sampel B, karena memiliki nilai daya serap air terendah dan nilai kuat tekan tertinggi pada semua sampel.
7. Sampel batako dapat diaplikasikan sebagai penutup lahan pada taman, halaman rumah, dan tempat lain yang tidak menanggung beban berat yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0349-1989.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* terhadap karakteristik batako dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh penambahan limbah *banner* dan perekat sikacim *concrete additive* terhadap mutu batako. Seiring dengan penambahan limbah *banner* maka terjadi kenaikan pada nilai densitas, nilai daya serap air, dan kuat patah serta terjadi penurunan pada kuat tekan.
2. Komposisi pencampuran limbah *banner*, semen, pasir, dan sikacim *concrete additive* yang memberikan karakteristik yang optimum adalah sampel B (0,5%:30%:69,5%:0,5%), karena pengujian nilai densitas, daya serap air, kuat tekan, dan kuat patah memenuhi standar SNI 03-0349-1989..
3. Sampel batako dengan variasi (0,5%:30%:69,5%:0,5%) dapat diaplikasikan sebagai penutup lahan pada taman, halaman rumah, dan tempat lain yang tidak menanggung beban berat yang ditetapkan oleh standar SNI 03-0349-1989.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah:

1. Kepada peneliti selanjutnya sebaiknya pada saat proses pencetakan batako dipress menggunakan alat *hot press* agar batako yang dihasilkan lebih padat dan meminimalkan pori sehingga nilai densitas meningkat dan tentunya nilai kuat tekan juga akan semakin meningkat.
2. Kepada peneliti selanjutnya perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan komposisi dan jenis limbah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan, Agustinus. 2017. *Pemanfaatan Limbah Spanduk Plastik Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton*. Seminar Studi Teknik Sipil: Universitas Pembangunan Jaya.
- Ainnurdin, Kukuh. 2016. *Pengaruh Penggunaan Bahan Admixture Sikacim Terhadap Penguatan Kuat Tekan dan Permeabilitas Permeconcrete Paving Stone*. Surabaya: Rekayasa Teknik Sipil Vol. 3 No. 3.
- Apriliawati, Anisa. 2016. *Kajian Kuat Lekat Dan Kuat Tekan Pada Beton Serat Dengan Bahan Tambah Potongan Limbah Banner*. Universitas Sebelas Maret Surakarta: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan
- Arisandi, Bobby. 2018. *Pembuatan Batako Dengan Serbuk Kulit Kerang Bulu (Anadara Antiquata) Dan Sikacim Concrete Additive*. Jurnal Keteknikan Pertanian: Universitas Sumatera Utara.
- Ariyani, N. dan P. Laia. 2013. *Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Superlastizer Pada Kuat Tekan Beton*. Majalah Ilmiah Ukrim 21:13.
- ASTM C-150, 1985. *Standart Spesification For Portland Cement*.
- Hendriyani, Irma. 2017. *Kajian Pembuatan Batako Dengan Penambahan Limbah Kertas HVS*. Balikpapan: Universitas Balikpapan. ISBN978-602-51450-0-1.
- Jamah, Mardewi. 2017. *Pengaruh Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Bengalon Dan Agregat Halus Pasir Mahakam*. Samarinda: Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV
- Maryana. 2019. *Pengaruh Campuran Limbah Abu Sekam Padi Dan Spanduk Terhadap Uji Tekan Batu Bata Industri Kerayaktan Provinsi Lampung*. Universitas Padjadjaran, Jatimanggor: Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi
- Nugraha, Igit. 2016. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas tebu dan Limbah Bata Merah Terhadap Karakteristik Genteng Tanah Liat Tradisional*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nugroho, Arisetyo. 2014. *Tinjauan Kualitas Batako Dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Universitas Muhammadiyah Surakarta: Naskah Publikasi Surakarta.
- Nursyahid, Hanif. 2016. *Analisis Sifat Fisis Dan Mekanis Batako Pejal Dalam Meningkatkan Kekuatan Dinding di Yogyakarta*. Seminar Tugas Akhir Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- Sawitri, Indah. 2019. *Uji Mekanik Batako Dengan Penambahan Abu Ampas Tebu*. Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi: UIN Sumatera Utara Medan Vol. 3 No. 2.
- SNI. 1986. *Uji Bahan Bangunan Indonesia*. SNI 0013-81-1986.
- SNI. 1989. *Bata Beton Untuk Pasang Dinding*. SNI 03-0349-1989.
- Sofyan. 2014. *Pengaruh Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Kuat Tekan Beton*. Lhokseumawe: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Syaifuddin. 2018. *Pembuatan Dan Pengujian Kuat Tekan Batako Dengan Penambahan Limbah Tulang Ikan*. Skripsi Sains Dan Teknologi: Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Trikarlina, Eka. 2017. *Pemanfaatan Abu Sabut Kelapa (Cocos nucivera L) Dan Pengaruh Penambahan Sikacim Concrete Additive Pada Pembuatan Batako*. Medan: Keteknikan Pertanian Vol. 6 No. 1.
- Usman. 2018. *Studi Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Menggunakan Potongan Limbah Spanduk Sebagai Bahan Tambah*. Universitas Bangka Belitung: Jurnal Teknik Sipil.

LAMPIRAN 1

GAMBAR ALAT – ALAT PENELITIAN

1. Jangka Sorong



2. Mistar (penggaris)



3. Ember (wadah)



4. Sendok Semen



5. Neraca Digital



6. UTM (*Universal Testing Machine*)



7. Cetakan Ukuran 3 cm x 3 cm x 3 cm



8. Cetakan Ukuran 10 cm x 3 cm x 3 cm



9. Pipet Tetes



10. Gunting



LAMPIRAN 2

GAMBAR BAHAN PENELITIAN

1. Limbah *Banner*



2. Semen Portland



3. Pasir



4. Sikacim *concrete additive*



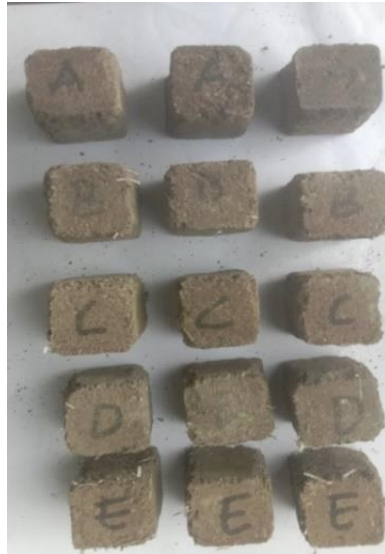
5. Air



LAMPIRAN 3

GAMBAR SAMPEL UJI BATAKO

1. Sampel Uji Densitas, Daya Serap Air, dan Kuat Tekan



2. Sampel Uji Kuat Patah



LAMPIRAN 4
DATA PENGUJIAN DENSITAS

Sampel	Kode Sampel	Massa Benda Uji (g)	Volume (cm ³)
A	A ₁	59,97	27,54
	A ₂	59,71	27,18
	A ₃	59,43	27,09
B	B ₁	59,82	27,09
	B ₂	59,73	27,54
	B ₃	59,88	27,00
C	C ₁	50,38	27,54
	C ₂	64,15	27,00
	C ₃	65,87	27,27
D	D ₁	60,83	27,27
	D ₂	60,60	27,54
	D ₃	59,98	27,18
E	E ₁	61,06	27,18
	E ₂	60,69	27,09
	E ₃	59,87	27,54

Hasil pengujian densitas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.1) dengan perhitungan densitas dari data lampiran 4 adalah sebagai berikut:

Untuk variasi campuran normal sampel A

1. Massa benda uji (m) = 59,97 gram
Volume benda uji (v) = 3,02 x 3,02 x 3,02
= 27,54 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,97}{27,54} \\ &= 2,177 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

2. Massa benda uji (m) = 59,71 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,00 x 3,01
= 27,18 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,71}{27,18} \\ &= 2,196 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

3. Massa benda uji (m) = 59,43 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,00 x 3,00
= 27,09 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,43}{27,09} \\ &= 2,193 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata - rata:

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) \text{ rata - rata} &= \frac{2,177 + 2,196 + 2,193}{3} \\ &= \frac{6,566}{3} \\ &= 2,188 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 0,5% sampel B

1. Massa benda uji (m) = 59,82 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,00 x 3,00
= 27,09 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,82}{27,09} \\ &= 2,208 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

2. Massa benda uji (m) = 59,73 gram
Volume benda uji (v) = 3,02 x 3,02 x 3,02
= 27,54 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,73}{27,54} \\ &= 2,168 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

3. Massa benda uji (m) = 59,88 gram
Volume benda uji (v) = 3,00 x 3,00 x 3,00
= 27,00 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,88}{27,00} \\ &= 2,217 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata - rata:

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) \text{ rata - rata} &= \frac{2,208 + 2,168 + 2,217}{3} \\ &= \frac{6,593}{3} \\ &= 2,197 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1 % sampel C

1. Massa benda uji (m) = 50,38 gram
Volume benda uji (v) = 3,02 x 3,02 x 3,02
= 27,54 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{50,38}{27,54} \\ &= 1,829 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

2. Massa benda uji (m) = 64,15 gram
Volume benda uji (v) = 3,00 x 3,00 x 3,00
= 27,00 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{64,15}{27,00} \\ &= 2,375 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

3. Massa benda uji (m) = 65,87 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,01 x 3,01
= 27,27 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{65,87}{27,27} \\ &= 2,415 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata - rata:

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) \text{ rata - rata} &= \frac{1,829 + 2,375 + 2,415}{3} \\ &= \frac{6,619}{3} \\ &= 2,206 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1,5 % sampel D

1. Massa benda uji (m) = 60,83 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,01 x 3,01
= 27,27 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{60,83}{27,27} \\ &= 2,230 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

2. Massa benda uji (m) = 60,60 gram
Volume benda uji (v) = 3,02 x 3,02 x 3,02
= 27,54 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{60,60}{27,54} \\ &= 2,200 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

3. Massa benda uji (m) = 59,98 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,01 x 3,00
= 27,18 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,98}{27,18} \\ &= 2,206 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata - rata:

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) \text{ rata - rata} &= \frac{2,230 + 2,200 + 2,206}{3} \\ &= \frac{6,636}{3} \\ &= 2,212 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 2 % sampel E

1. Massa benda uji (m) = 61,06 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,00 x 3,01
= 27,18 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{62,06}{27,18} \\ &= 2,246 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

2. Massa benda uji (m) = 60,69 gram
Volume benda uji (v) = 3,01 x 3,00 x 3,00
= 27,09 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{60,69}{27,09} \\ &= 2,242 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

3. Massa benda uji (m) = 59,87 gram
Volume benda uji (v) = 3,02 x 3,02 x 3,02
= 27,54 cm³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.1):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{59,87}{27,54} \\ &= 2,173 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata - rata:

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) \text{ rata - rata} &= \frac{2,246 + 2,242 + 2,173}{3} \\ &= \frac{6,661}{3} \\ &= 2,220 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

LAMPIRAN 5

DATA PENGUJIAN DAYA SERAP AIR

Sampel	Kode Sampel	Massa Basah (g)	Massa Kering (g)
A	A ₁	56,62	49,96
	A ₂	52,63	46,71
	A ₃	49,52	43,43
B	B ₁	58,37	47,83
	B ₂	57,35	46,60
	B ₃	61,15	46,61
C	C ₁	55,55	46,48
	C ₂	58,09	49,15
	C ₃	57,04	46,18
D	D ₁	57,10	45,46
	D ₂	58,65	46,43
	D ₃	60,86	47,16
E	E ₁	59,54	52,16
	E ₂	54,53	47,55
	E ₃	54,66	47,23

Pengujian daya serap air dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.2) dengan perhitungan daya serap air dari data lampiran 5 adalah sebagai berikut:

Untuk variasi campuran normal sampel A

1. Massa basa (m_b) = 56,62 g
Massa kering (m_k) = 49,96 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{56,62 - 49,96}{49,96} \times 100\% \\ &= \frac{11,49}{49,96} \times 100\% \\ &= 0,22 \times 100\% \\ &= 22\% \end{aligned}$$

2. Massa basa (m_b) = 56,63 g
Massa kering (m_k) = 46,71 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{56,63 - 46,71}{46,71} \times 100\% \\ &= \frac{9,92}{46,71} \times 100\% \\ &= 0,21 \times 100\% \\ &= 21\% \end{aligned}$$

3. Massa basa (m_b) = 63,45 g
Massa kering (m_k) = 50,96 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{63,45 - 50,96}{50,96} \times 100\% \\ &= \frac{12,94}{50,96} \times 100\% \\ &= 0,24 \times 100\% \\ &= 24\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{22 + 21 + 24}{3} \\ &= \frac{67}{3} \\ &= 22,3\% \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 0,5% sampel B

1. Massa basa (m_b) = 58,37 g
Massa kering (m_k) = 47,83 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{58,37 - 47,83}{47,83} \times 100\% \\ &= \frac{10,54}{47,83} \times 100\% \\ &= 0,22 \times 100\% \\ &= 22\% \end{aligned}$$

2. Massa basa (m_b) = 57,35 g
 Massa kering (m_k) = 46,60 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{57,35 - 46,60}{46,60} \times 100\% \\ &= \frac{10,75}{46,60} \times 100\% \\ &= 0,23 \times 100\% \\ &= 23\% \end{aligned}$$

3. Massa basa (m_b) = 61,15 g
 Massa kering (m_k) = 46,61 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{61,15 - 46,61}{46,61} \times 100\% \\ &= \frac{14,54}{46,61} \times 100\% \\ &= 0,31 \times 100\% \\ &= 31\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{22 + 23 + 31}{3} \\ &= \frac{76}{3} \\ &= 25,3\% \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1% sampel C

1. Massa basa (m_b) = 59,55 g
 Massa kering (m_k) = 46,48 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{59,55 - 46,48}{46,48} \times 100\% \\ &= \frac{13,07}{46,48} \times 100\% \\ &= 0,28 \times 100\% \\ &= 28\% \end{aligned}$$

2. Massa basa (m_b) = 58,09 g
 Massa kering (m_k) = 49,15 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{58,09 - 49,15}{49,15} \times 100\% \\ &= \frac{8,94}{49,15} \times 100\% \\ &= 0,26 \times 100\% \\ &= 26\% \end{aligned}$$

3. Massa basa (m_b) = 57,04 g
 Massa kering (m_k) = 46,18 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{57,04 - 46,18}{46,18} \times 100\% \\ &= \frac{10,86}{46,18} \times 100\% \\ &= 0,23 \times 100\% \\ &= 23\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{28 + 26 + 23}{3} \\ &= \frac{77}{3} \\ &= 25,6\% \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1,5% sampel D

1. Massa basa (m_b) = 57,10 g
 Massa kering (m_k) = 45,46 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{57,10 - 45,46}{45,46} \times 100\% \\ &= \frac{11,64}{45,46} \times 100\% \\ &= 0,25 \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

2. Massa basa (m_b) = 58,63 g
 Massa kering (m_k) = 46,43 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{58,63 - 46,43}{46,43} \times 100\% \\ &= \frac{12,22}{46,43} \times 100\% \\ &= 0,26 \times 100\% \\ &= 26\% \end{aligned}$$

3. Massa basa (m_b) = 60,86 g
 Massa kering (m_k) = 47,16 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{60,86 - 47,16}{47,16} \times 100\% \\ &= \frac{13,7}{47,16} \times 100\% \\ &= 0,29 \times 100\% \\ &= 29\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{25 + 26 + 29}{3} \\ &= \frac{80}{3} \\ &= 26,6\% \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 2% sampel E

1. Massa basa (m_b) = 65,54 g
 Massa kering (m_k) = 52,16 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{65,54 - 52,16}{52,16} \times 100\% \\ &= \frac{13,38}{52,16} \times 100\% \\ &= 0,25 \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

2. Massa basa (m_b) = 63,53 g
Massa kering (m_k) = 47,55 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{63,53 - 47,55}{47,55} \times 100\% \\ &= \frac{15,98}{47,55} \times 100\% \\ &= 0,33 \times 100\% \\ &= 33\% \end{aligned}$$

3. Massa basa (m_b) = 58,66 g
Massa kering (m_k) = 47,23 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned} p &= \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \\ &= \frac{58,66 - 47,23}{47,23} \times 100\% \\ &= \frac{11,43}{47,23} \times 100\% \\ &= 0,24 \times 100\% \\ &= 24\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{25 + 33 + 24}{3} \\ &= \frac{82}{3} \\ &= 27,3\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN 6

DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN

Sampel	Kode Sampel	Beban Tekan (kgf)	Luas Tekan (cm ²)
A	A ₁	325	9
	A ₂	305	9
	A ₃	295	9
B	B ₁	237	9
	B ₂	222	9
	B ₃	214	9
C	C ₁	212	9
	C ₂	209	9
	C ₃	219	9
D	D ₁	195	9
	D ₂	189	9
	D ₃	175	9
E	E ₁	165	9
	E ₂	155	9
	E ₃	145	9

Pengujian kuat tekan batako dilakukan untuk melihat kekuatan atau kemampuan suatu bahan menerima tekanan yang diberikan pada alat Uji Kuat Tekan. Hasil pengujian kuat tekan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.3) dengan perhitungan kuat tekan dari data lampiran 6 adalah sebagai berikut:

Untuk variasi campuran normal sampel A

1. Beban tekan (F) = 325 kgf
Luas bidang tekan (cm²) = 3 x 3
= 9 cm²

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\ &= \frac{325}{9} \\ &= 26,11 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Beban tekan (F)} &= 305 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{305}{9} \\
 &= 33,88 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban tekan (F)} &= 295 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{295}{9} \\
 &= 32,77 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{36,11 + 33,88 + 32,77}{3} \\
 &= \frac{102,76}{3} \\
 &= 34,25 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 0,5% sampel B

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Beban tekan (F)} &= 237 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{237}{9} \\
 &= 26,33 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Beban tekan (F)} &= 222 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{222}{9} \\
 &= 24,66 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban tekan (F)} &= 214 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{214}{9} \\
 &= 23,77 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{26,33 + 24,66 + 23,77}{3} \\
 &= \frac{74,76}{3} \\
 &= 24,96 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1% sampel C

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Beban tekan (F)} &= 212 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{212}{9} \\
 &= 23,55 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Beban tekan (F)} &= 209 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{209}{9} \\
 &= 22,66 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban tekan (F)} &= 219 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{219}{9} \\
 &= 24,33 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{23,55 + 22,66 + 24,33}{3} \\
 &= \frac{70,54}{3} \\
 &= 23,51 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1,5% sampel D

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Beban tekan (F)} &= 195 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{195}{9} \\
 &= 21,66 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Beban tekan (F)} &= 189 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{189}{9} \\
 &= 21 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban tekan (F)} &= 175 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{175}{9} \\
 &= 19,44 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{21,66 + 21 + 19,44}{3} \\
 &= \frac{62,04}{3} \\
 &= 20,68 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 2% sampel E

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Beban tekan (F)} &= 165 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{165}{9} \\
 &= 18,33 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Beban tekan (F)} &= 155 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{155}{9} \\
 &= 17,22 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban tekan (F)} &= 145 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang tekan (cm}^2\text{)} &= 3 \times 3 \\
 &= 9 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kuat tekan sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{145}{9} \\
 &= 16,11 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{18,33 + 17,22 + 16,11}{3} \\
 &= \frac{51,66}{3} \\
 &= 17,22 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 7

DATA PENGUJIAN KUAT PATAH

Sampel	Kode Sampel	Jarak Penumpu (cm)	Gaya Yang Mematahkan (kgf)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
A	A ₁	6	41,10	3	3
	A ₂	6	37,80	3	3
	A ₃	6	41,59	3	3
B	B ₁	6	41,91	3	3
	B ₂	6	42,55	3	3
	B ₃	6	42,60	3	3
C	C ₁	6	44,25	3	3
	C ₂	6	45,05	3	3
	C ₃	6	45,55	3	3
D	D ₁	6	51,09	3	3
	D ₂	6	49,85	3	3
	D ₃	6	48,25	3	3
E	E ₁	6	49,96	3	3
	E ₂	6	51,25	3	3
	E ₃	6	51,96	3	3

Pengujian kuat tekan batako dilakukan untuk melihat kekuatan atau kemampuan suatu bahan menerima tekanan yang diberikan pada alat Uji Kuat Patah. Hasil pengujian kuat patah dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.4) dengan perhitungan kuat tekan dari data lampiran 7 adalah sebagai berikut:

Untuk variasi campuran normal sampel A

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 41,10 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 41,10 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{739,8}{54} \\ &= 13,70 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 37,80 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned}
 B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\
 &= \frac{3 \cdot 37,80 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\
 &= \frac{680,4}{54} \\
 &= 12,60 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 41,59 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned}
 B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\
 &= \frac{3 \cdot 41,59 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\
 &= \frac{748,62}{54} \\
 &= 13,86 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{13,70 + 12,60 + 13,86}{3} \\
 &= \frac{40,16}{3} \\
 &= 13,36 \text{ kgf/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 0,5% sampel B

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 41,91 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 41,91 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{754,38}{54} \\ &= 13,97 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 42,55 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 42,55 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{765,9}{54} \\ &= 14,18 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 42,60 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 42,60 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{76,68}{54} \\ &= 14,20 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{13,97 + 14,18 + 14,20}{3} \\ &= \frac{42,35}{3} \\ &= 7,79 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1% sampel C

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 44,25 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 44,25 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{796,5}{54} \\ &= 14,75 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 45,05 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 45,05 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{810,9}{54} \\ &= 15,01 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| 3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 45,55kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 45,55 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{819,9}{54} \\ &= 15,18 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{14,75 + 15,01 + 15,18}{3} \\ &= \frac{44,94}{3} \\ &= 14,98 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 1,5% sampel D

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 51,09 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned}B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 51,09 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{919,62}{54} \\ &= 17,03 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 49,85 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned}B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 49,85 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{897,3}{54} \\ &= 16,61 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 48,25 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 48,25 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{868,5}{54} \\ &= 16,08 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{17,03 + 16,61 + 16,08}{3} \\ &= \frac{49,72}{3} \\ &= 16,57 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 2% sampel E

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 49,96 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 49,96 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{773,28}{54} \\ &= 16,65 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

- | | |
|---------------------------------------|-------------|
| 2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) | = 51,25 kgf |
| Jarak penumpu (L) | = 6 cm |
| Lebar benda uji (b) | = 3 cm |
| Tebal benda uji (h) | = 3 cm |

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 51,25 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{922,5}{54} \\ &= 17,07 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 51,96 kgf
Jarak penumpu (L) = 6 cm
Lebar benda uji (b) = 3 cm
Tebal benda uji (h) = 3 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.4):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3 \cdot P \cdot L}{2b \cdot h^2} \\ &= \frac{3 \cdot 51,96 \cdot 6}{2 \cdot 3 \cdot 3^2} \\ &= \frac{935,28}{54} \\ &= 17,32 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{16,65 + 17,07 + 17,23}{3} \\ &= \frac{51,04}{3} \\ &= 17,01 \text{ kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Fadillah Azzahra Lubis adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 20 November 1997, di Medan Kec. Medan Tembung, Kab. Kota Medan. Penulis merupakan anak ke 4 dari 5 bersaudara, dari pasangan Alm. Ahmad Yani Lubis dan dan Siti Zubaidah Nasution. Penulis pertama kali masuk pendidikan di SD Negeri 064037 Medan pada tahun 2004 dan tamat 2010 pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan SMP Negeri 35 Medan dan tamat pada tahun 2013. Setelah tamat, penulis melanjutkan ke MAN 3 Medan dan tamat pada tahun 2016 dan pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai Mahasiswi di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika dan tamat pada tahun 2022. Berkat petunjuk dan pertolongan Allah Swt, usaha dan disertai doa dari ketua orangtua dalam menajalani aktivitas akademik di perguruan tinggi UINSU Medan. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Banner dan Perekat Sikacim Concrete Additive Terhadap Karakteristik Batako”.