



**PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU
TERHADAP KARAKTERISTIK BATAKO**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat-Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Dalam Ilmu Fisika*

Oleh:
INDAH SAWITRI
75153012

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap
Karakteristik Batako
Penyusun : Indah Sawitri
NIM : 75153012
Pembimbing I : Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
Pembimbing II : Masthura, M.Si.
Tanggal Sidang : 12 November 2019

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Masthura, M.Si.
NIP: BLU1100000069

Mengetahui,
Ketua Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

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

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Keramik Batako” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, secara moril maupun materiil. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Saidurrahman, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. H. M. Jamil, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika Dan pembimbing akademik Pembimbing Skripsi I yang senantiasa meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, motivasi, dan pengarahan kepada penulis.
4. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Fisika.
5. Masthura, M.Si., selaku Pembimbing Skripsi II yang telah memberikan panduan dan arahan kepada penulis untuk menyempurnakan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Fisika yang telah memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan.
7. Ir. Warman, M.T., selaku Kepala Laboratorium Material Test Politeknik Teknologi Kimia Industri yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.

8. Herry Darmadi, M.T., selaku Asisten Dosen Laboratorium Material Test Politeknik Teknologi Kimia Industri yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
 9. Rekan-rekan Fisika stambuk 2015 yang telah memberi dukungan dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
 10. Kepada Ayah (Abdi Hasmi, S.Pd.I) dan Ibu (Supriatun) yang telah membimbing, menasihati, memberi dukungan, dan senantiasa mendoakan penulis.
 11. Rekan-rekan Kos 5A (Rika Ramtika, Rika Safitri, Sri Wahyuni Ritonga, Dina Ramadhani, Vicky Aprilyani, dan Sakina Mawardah) yang telah memberi perhatian dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung.
 12. Rekan terdekat (Rika Ulfah, Nurul mardiah, Rika safitri, Sri Wahyuni Ritonga, Anggun Hermi Palupi, Putri Karina Tarigan, dan Mariana Yunita Sari Harahap) yang telah menjadi teman yang baik.
 13. Rekan-rekan Kos DaLTa School (Sri Wahyuni Ritonga, Rika Safitri, Titi NurAini, Asmaul Husna, Melinda Selvia, Asilah Khairunnisa, dan Susi)
- Semoga segala budi baik kita semua senantiasa diterima sebagai amal ibadah kepada Allah SWT dan menjadi teladan bagi penerus bangsa. Dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua orang. Aamiin.

Medan, 07 November 2019

Indah Sawitri

NIM. 75153012

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu ampas tebu terhadap karakteristik batako, dan mengetahui komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, dan pasir yang paling optimal dalam pembuatan batako serta mengetahui aplikasi dari batako yang dihasilkan. Variasi persentase abu ampas tebu, semen, dan pasir adalah 0% : 30% : 70% , 5% : 25% : 70%, 10% : 20% : 70%, 15% : 15% : 70%, 20% : 10% : 70% dan digunakan FAS (Faktor Air Semen) sebesar 0,5 pada semua variasi. Dalam penelitian ini, karakteristik batako yang diteliti antara lain: densitas, daya serap air, kuat tekan, dan kuat patah. Penambahan abu ampas tebu sebagai pengganti semen berpengaruh nyata terhadap karakteristik batako. Dengan penambahan abu ampas tebu pada variasi campuran 5 – 20% menyebabkan nilai densitas batako menurun, kuat tekan menurun, dan daya serap air meningkat. Sedangkan kuat patah mengalami peningkatan pada variasi campuran 5 – 10% dan mengalami penurunan pada variasi campuran 15 – 20%. Komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, dan pasir yang paling optimal yaitu pada variasi campuran 5% untuk pengujian daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah karena memenuhi standar SNI 03-0348-1989. Sedangkan pada variasi campuran lainnya tidak optimal. Aplikasi dari batako yang dihasilkan dengan variasi campuran 5% abu ampas tebu dapat digunakan sebagai dinding rumah. Karena kuat tekan yang dihasilkan memenuhi SNI 03-0349-1989.

Kata-kata kunci: *Abu ampas tebu, Batako, Daya Serap Air, Kuat Patah, dan Kuat Tekan.*

ABSTRACT

A research has been conducted which aims to determine the effect of bagasse ash on the characteristics of the block, and to find out the most optimal mixing composition of bagasse ash, cement, and sand in the manufacture of concrete blocks and to know the application of the resulting block. The percentage variation of bagasse ash, cement, and sand is 0%: 30%: 70%, 5%: 25%: 70%, 10%: 20%: 70%, 15%: 15%: 70%, 20%: 10%: 70% and used FAS (Cement Water Factor) of 0.5 for all variations. In this study, the characteristics of the block studied include: density, water absorption, compressive strength, and fracture strength. The addition of bagasse ash as a substitute for cement significantly affected the characteristics of the concrete block. With the addition of bagasse ash in a mixture of 5-20% causes the value of the brick density to decrease, compressive strength decreases, and water absorption capacity increases. While the strength of the fracture has increased in the mixture variation of 5-10% and has decreased in the mixture variation of 15-20%. The most optimal composition of mixing bagasse ash, cement, and sand is at 5% mixture variation for water absorption, compressive strength testing and fracture strength testing because it meets SNI 03-0348-1989 standards. Whereas the other mixed variations are not optimal. The application of the bricks produced with a variation of a mixture of 5% bagasse ash can be used as a house wall. Because the compressive strength produced meets SNI 03-0349-1989.

Key words: *bagasse ash, brick making, water absorption, fracture strength, and compressive strength.*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
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 Tanaman Tebu.....	5

2.2 Abu Ampas Tebu	6
2.3 Agregat.....	8
2.4 Semen <i>Portland</i>	9
2.5 Air	10
2.6 Faktor Air Semen	12
2.7 Batako (Bata Beton).....	12
2.7.1 Sifat Fisik Batako (Bata Beton).....	16
2.7.2 Sifat Mekanik Batako (Bata Beton).....	18
2.7.3 Kualitas Batako.....	19
2.7.4 Jenis dan Ukuran Batako	20
2.8 Penelitian yang Relevan.....	21
2.9 Hipotesis.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Tempat Penelitian.....	24
3.2 Waktu Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.3.1 Alat Penelitian.....	24
3.3.2 Bahan penelitian.....	25

3.4 Diagram Alir Penelitian	26
3.4.1 Tahap pembuatan Abu Ampas Tebu	26
3.4.2 Tahap Pembuatan Batako	27
3.5 Prosedur Penelitian.....	28
3.5.1 Pembuatan Abu Ampas tebu	28
3.5.2 Pembuatan Batako	28
3.5.3 Metode Karakterisasi	29
3.5.3.1 Densitas	29
3.5.3.2 Daya Serap Air	30
3.5.3.3 Kuat Tekan	30
3.5.3.4 Kuat Patah	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Penelitian	32
4.1.1 Pengujian Densitas	32
4.1.2 Pengujian Daya Serap Air	32
4.1.3 Pengujian Kuat Tekan	33
4.1.4 Pengujian Kuat Patah	34
4.2 Pembahasan.....	35

4.2.1 Densitas	35
4.2.2 Daya Serap Air	37
4.2.3 Kuat Tekan	38
4.2.4 Kuat Patah	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Komposisi kimia abu pembakaran ampas tebu	6
2.2	Dimensi batako pejal	15
2.3	Syarat-syarat fisis batako pejal mutu	15
2.4	Syarat-syarat fisis batako pejal mutu	17
2.5	Syarat-syarat fisis batako pejal mutu	18
2.6	Nilai kuat patah minimum	19
2.7	Syarat-syarat fisis batako.....	20
3.1	Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu ampas tebu	28
4.1	Data hasil pengujian densitas	32
4.2	Data hasil pengujian daya serap air.....	33
4.3	Data hasil pengujian kuat tekan.....	34
4.4	Data hasil pengujian kuat patah.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
2.1	Tanaman tebu.....	5
2.2	Batako (a) ringan, (b) trass, (c) press.....	13
3.1	Diagram pembuatan abu ampas tebu.....	26
3.2	Diagram pembuatan batako.....	27
3.3	Sampel batako untuk uji kuat patah.....	29
3.4	Sampel batako untuk uji densitas, daya serap air, dan kuat tekan.....	29
4.1	Grafik pengujian densitas terhadap komposisi abu ampas tebu.....	36
4.2	Grafik pengujian daya serap air terhadap komposisi abu ampas tebu.....	37
4.3	Grafik pengujian kuat tekan terhadap komposisi abu ampas tebu.....	38
4.4	Grafik pengujian kuat patah terhadap komposisi abu ampas tebu.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul Lampiran
1	Gambar alat-alat percobaan
2	Gambar bahan percobaan
3	Gambar sampel uji batako
4	Data pengujian densitas
5	Data pengujian daya serap air
6	Data pengujian kuat tekan
7	Data pengujian kuat patah
8	Surat keterangan penelitian

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan perumahan saat ini menyebabkan kebutuhan akan bahan bangunan semakin meningkat. Seperti diketahui bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri atas bahan-bahan atap, dinding, dan lantai. Salah satu masalah saat ini yang perlu segera diatasi adalah masalah kebutuhan batako sebagai bahan dinding perumahan dan efek kerusakan lingkungan yang ditimbulkan. Sebagaimana diketahui, kebutuhan masyarakat akan perumahan tidak pernah surut bahkan selalu meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dapat terlihat dari kenyataan bahwa perumahan yang dibuat selalu laku terjual. Adapun salah satu permasalahan utama dalam penyediaan rumah di Indonesia adalah tingginya biaya konstruksi bangunan dan lahan.

Bahan bangunan yaitu semua bahan olahan yang mempunyai bentuk beraturan dan ukuran tertentu yang digunakan sebagai bahan untuk membuat elemen bangunan. Elemen bangunan merupakan suatu bagian fungsional dari suatu bangunan yang terbuat dari bahan bangunan atau komponen bangunan yang merupakan bagian dari suatu bangunan, seperti lantai, atap, dan dinding. Dinding merupakan salah satu struktur bangunan yang berfungsi untuk melindungi penghuni dari hujan, angin, maupun serangan binatang buas. Pembuatan dinding biasanya menggunakan batu bata merah, papan, triplek, dan batako. (Masthura, 2010)

Batako merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang murah dan relatif kuat. Batako terbuat dari campuran semen, pasir, dan air yang dipress dengan ukuran standar. Komposisi batako tersusun atas pasir, semen, dan air dengan perbandingan 75:20:5. Perbandingan komposisi ini sesuai dengan Pedoman Teknis yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986. (Hendriyani, 2017)

Pada dasarnya, batako memiliki sifat keras, kuat, dan stabil pada temperatur tinggi. Salah satu yang mempengaruhi sifat kekuatan batako adalah komposisi tambahannya. Pembuatan batako memerlukan bahan mentah dengan

komposisi pelebur dan pengisi. Pada peningkatan kekuatan patah keramik batako diperlukan variasi penambahan komposisi campuran yang mengandung silika sebagai bahan pengisi dan pelebur pada pembuatan batako. (Mirna, 2017)

Silika sintesis yang paling banyak dikenal dan ditemukan adalah TEOS (*Tetraethylorthosilicate*) dan TMOS (*Tetramethylorthosilicate*), namun keduanya mempunyai harga yang relatif mahal, sulit didapat, dan tidak ramah lingkungan. Sehingga membuat biaya pembuatan batako menjadi tidak ekonomis lagi. Dengan demikian dibutuhkan suatu bahan tambah dengan kandungan silika yang mudah didapatkan dan harga relatif jauh lebih murah untuk digunakan dalam pembuatan batako. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan silika alternatif dengan memanfaatkan bahan dasar nabati baik limbah maupun sumber daya alam yang belum dimanfaatkan secara optimal. (Sinaga, 2015)

Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan secara optimal adalah abu ampas tebu. Abu ampas tebu merupakan butiran kecil dari sisa hasil pembakaran ampas tebu di pabrik gula yang memiliki kandungan SiO_2 yang cukup tinggi yaitu 71% sehingga memiliki sifat *pozzolan* yang apabila ditambahkan ke dalam campuran batako akan menambah daya ikat antar partikelnya dan akan berfungsi sebagai *filler* (pengisi) yang berperan dalam memperkecil nilai porositas. *Pozzolan* merupakan bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri atas unsur-unsur *silika* yang reaktif. Butirannya yang halus bila ditambahkan ke dalam campuran pasir dan semen akan mengisi pori-pori dari batako.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis mencoba memanfaatkan potensi alam yang ada dan melakukan penelitian pada abu ampas tebu sebagai campuran pada pembuatan batako sehingga pemanfaatan limbah dari pengolahan tebu tidak terbuang sia-sia, tetapi akan memiliki nilai guna yang sangat tinggi dan sekaligus menambah kualitas batako yang diproduksi oleh masyarakat sendiri baik secara tradisional maupun modern.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap karakteristik batako?

2. Bagaimana komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, dan pasir yang paling optimal dalam pembuatan batako?
3. Bagaimana aplikasi dari batako yang dihasilkan?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan batako menggunakan bahan dasar ampas tebu, semen, air, dan pasir.
2. Abu ampas tebu dihasilkan dari pembakaran ampas tebu yang dibakar secara manual.
3. Semen yang digunakan adalah semen *portland*.
4. Pasir yang digunakan adalah pasir komersial.
5. Jenis batako yang diteliti adalah jenis batako press, komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, dan FAS (Faktor Air Semen) adalah
 - 0% : 30% : 70% dengan FAS 0,5
 - 5% : 25% : 70% dengan FAS 0,5
 - 10% : 20% : 70% dengan FAS 0,5
 - 15% : 15% : 70% dengan FAS 0,5
 - 20% : 10% : 70% dengan FAS 0,5
6. Melakukan pengujian fisis dan mekanik pada sampel batako yang telah dicetak dan dijemur, pengujiannya meliputi: pengujian fisis (pengujian densitas dan daya serap air) dan pengujian mekanik (pengujian kuat tekan dan kuat patah).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap karakteristik batako.

2. Untuk mengetahui komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, dan pasir yang paling optimal dalam pembuatan batako.
3. Untuk mengetahui aplikasi dari batako yang dihasilkan.

1.5. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Masyarakat dapat mengetahui manfaat lain dari abu ampas tebu.
2. Mengurangi pencemaran lingkungan karena limbah ampas tebu telah dimanfaatkan dan tidak berserakan di mana-mana.
3. Bagi para peneliti dan mahasiswa hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi dan referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Tebu

Tebu merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat ditanam di daerah beriklim tropis. Selama ini pemanfaatan ampas tebu yang dihasilkan masih terbatas untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, pulp, dan untuk bahan bakar boiler di pabrik gula. Abu ampas tebu merupakan hasil perubahan kimiawi dari pembakaran ampas tebu menjadi abu. Abu ampas tebu ini terdiri atas garam-garam anorganik dan kaya akan silika (SiO_2). (Mirna, 2017)

Tanaman tebu termasuk suku Graminae (rumput-rumputan), kelompok Andropogonae dan genus Saccharum. Tebu merupakan tanaman ber biji tunggal atau monokotil, struktur sejajar, dan berakar serabut. Tinggi tanaman tebu rata-rata 2,5 meter sampai 5 meter.

Menurut Esse (2018), tanaman tebu tergolong tanaman perdu dapat dilihat pada gambar 2.1 dengan nama latin *Saccharum officinarum*. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut tebu atau rosan.



Gambar 2.1 Tanaman Tebu (Esse, 2018)

Sebagaimana dalam firman Allah dijelaskan mengenai tanaman yang diciptakan oleh Allah SWT. Pada QS. Thaha/20:53:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَّكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً ۖ فَأَخْرَجْنَا بِهِ
أَنْوَاعًا مِّنْ ثَمَرَاتٍ ۗ

Terjemahnya:

Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan.

Maka kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam.

Maksud dari ayat di atas menunjukkan berbagai jenis tanaman tumbuh dengan satu jenis air saja yaitu air hujan yang diturunkan dari langit atas kehendak Allah SWT. Tanaman tersebut dirawat sebaik-baiknya karena bermanfaat untuk kehidupan manusia.

2.2. Abu Ampas Tebu

Ampas tebu adalah suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pembuatan gula dan pedagang es tebu sehingga diperoleh hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Pada proses penggilingan tebu, terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu sampai dihasilkan ampas tebu. (Esse, 2018)

Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 550 – 600 °C dan lama pembakaran setiap 4 – 8 jam dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, karena jika dibiarkan tanpa dibersihkan akan terjadi penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya.

Komposisi kimia dari abu ampas tebu terdiri dari beberapa senyawa yang dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut:

Tabel 2.1. Komposisi kimia abu pembakaran ampas tebu

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	1,9
Fe ₂ O ₃	7,8
CaO	3,4
MgO	0,3
K ₂ O	8,2
P ₂ O ₅	3,0
MnO	0,2

(Nugraha, 2016)

Silika sebagai limbah yang dihasilkan dari pembakaran ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat dalam proses pembuatan batako. Hal pertama yang mendasari pemanfaatan silika yang berasal dari abu ampas tebu yaitu mengurangi ketergantungan terhadap kebutuhan silika sintesis yang mempunyai

harga relatif mahal, sulit didapat, dan tidak ramah lingkungan. Sehingga membuat biaya pembuatan batako menjadi tidak ekonomis lagi. Hal kedua yang mendasari pemanfaatan silika dari abu ampas tebu ini yaitu mengurangi limbah ampas tebu yang banyak dibiarkan begitu saja dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Silika ini perlu ditangani dengan baik dan benar, agar tidak menyebabkan kerusakan pada lingkungan karena pencemaran. Hal ini sesuai dengan perintah Allah SWT. Yang melarang hamba-Nya untuk membuat kerusakan. Sebagaimana firman Allah pada QS. Al-Baqarah/02:11:

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ

Terjemahnya:

Dan apabila dikatakan kepada mereka:”janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi”. Mereka menjawab:”Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan.”

Alam raya diciptakan oleh Allah SWT. Dalam keadaan harmonis, serasi dan memenuhi kebutuhan makhluk. Allah telah menjadikannya baik bahkan memerintahkan hamba-hambaNya untuk memperbaikinya. Salah satu bentuk perbaikan yang dilakukan Allah adalah dengan mengutus para nabi untuk meluruskan dan memperbaiki kehidupan yang kacau dalam kehidupan masyarakat. Merusak setelah diperbaiki jauh lebih buruk dari pada merusaknya sebelum diperbaiki. Karena hal itu, ayat di atas secara tegas menggarisbawahi larangan merusak lingkungan tersebut.

Maksud dari ayat di atas menunjukkan bahwa kerusakan lingkungan di muka bumi disebabkan perbuatan tangan manusia sendiri karena jika kita membiarkan limbah-limbah yang ada dan tidak menanganinya maka sama halnya dengan kita membuat kerusakan pada lingkungan atau alam ini. Salah satu limbah yang dapat ditangani seperti silika yang dimanfaatkan sebagai perekat. (Esse, 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 yang 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 – 2 mm. 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. 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 hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen hidrolis 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.

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 oleh ASTM (*American Standard Testing and material*) 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. Pengujian berat jenis dapat dilakukan menggunakan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C-188.

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. (Mulyono, 2004)

2.5. 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 SO_3) 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 potasium 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)

2.6. Faktor Air Semen

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak

berarti kekuatan beton semakin tinggi. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

Faktor air semen (FAS) dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 0,5 yang berada dalam rentang nilai secara teoritis, yaitu : nilai FAS antara 0,25 – 0,65 untuk campuran beton secara umum. Penelitian ini FAS sebesar 0,5 dengan sesuai agar adukan semen dan air (pasta beton) tidak terlalu encer atau terlalu kental (lengket). (Mulyono, 2004)

2.7. Batako (Bata Beton)

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. Berdasarkan bahan pembuatannya batako dapat dikelompokkan ke dalam 3 jenis, yaitu:

1. Batako Ringan (HEBEL).

Batako 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 semen

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.



(a)

(b)

(c)

Gambar 2.2 (a) Batako Ringan (b) Batako Trass (c) Batako Press

Batako diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu batako normal dan batako ringan. Batako normal tergolong batako yang memiliki densitas sekitar $2000 - 2400 \text{ kg/m}^3$ 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. 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.

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.
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 (pemplesteran). Karena bentuk dan ukuran tetap, perkiraan jumlah penggunaan batako dapat lebih mudah diprediksi. Sehingga resiko kelebihan pembelian batako dapat ditekan. (Syaifuddin, 2018)

Batako dapat diproduksi secara mekanis atau dengan cetak tangan. Pada umumnya pembuatan batako secara mekanis mempunyai mutu kualitas yang baik dari pada dengan cara cetak tangan. Adapun persyaratan mutu kualitas pembuatan batako menurut Departemen Pekerjaan Umum SNI 03-0349-1989, adalah sebagai berikut:

1. pandangan luar

Bata beton pejal harus tidak terdapat retak-retak dan cacat, rusak-rusaknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak boleh mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

2. Dimensi dan toleransinya.

Tabel 2.2. Dimensi batako pejal

Batako pejal	Ukuran nominal ± toleransi		
	Jenis	Panjang (mm)	Lebar (mm)
Besar	400±3	200±3	100±2
Sedang	300±3	150±3	100±2
Kecil	200±3	100±2	80±2

3. Syarat-syarat Fisis Batako Pejal Mutu

Bata beton (batako) harus mempunyai sifat fisis sebagai berikut:

Tabel 2.3. Syarat-syarat fisis batako pejal mutu

Batako pejal mutu	Kuat tekan minimum dalam kg/cm ²		Penyerapan air maksimum (% volume)
	Rata-rata dari 5 buah bata	Masing-masing	
B 25	25	21	-
B 40	40	35	-
B 70	70	65	35
B 100	100	90	25

(Nugroho, 2014)

Berdasarkan PUBI 1982, sesuai dengan pemakaiannya batako diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut:

1. Batako dengan mutu A1, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindungi dari cuaca luar.
2. Batako dengan mutu A2, adalah batako yang digunakan untuk hal-hal seperti dalam jenis A1, tetapi hanya permukaan konstruksi dari batako tersebut tidak boleh diplester.
3. Batako dengan mutu B1, adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindungi dari cuaca luar.

4. Batako dengan mutu B2, adalah batako untuk konstruksi yang memikul beban dan dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindungi. (Syaifuddin, 2018)

2.7.1. Sifat Fisik Batako (Bata Beton)

Sifat fisik adalah perubahan yang dialami suatu benda tanpa membentuk zat baru. Sifat ini dapat diamati tanpa mengubah zat-zat penyusun materi tersebut. Sifat fisik batako antara lain sebagai berikut:

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. (Castro Siregar, 2017)

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Batako normal memiliki densitas sekitar 2000 – 2400 kg/m³. 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. Untuk pengukuran densitas batako menggunakan metode *Archimedes* dan dihitung dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan:

ρ = Massa jenis beton (kg/m³)

m = Massa beton (kg)

v = Volume beton (m³)

2. Daya Serap Air (*Absorpsi*)

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 35%. Nilai penyerapan air mencerminkan kemampuan benda uji untuk menyerap air setelah direndam selama 1 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. Besar penyerapan air dihitung sebagai berikut:

$$P = \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan:

P = Persentase air yang terserap batako

m_b = Massa batako setelah direndam dalam air (g)

m_k = Massa batako kering (g)

Tabel 2.4. Syarat-syarat fisis batako pejal mutu

Batako pejal mutu	Kuat tekan minimum dalam kg/cm^2		Penyerapan air maksimum (% volume)
	Rata-rata dari 5 buah bata	Masing-masing	
B 25	25	21	-
B 40	40	35	-
B 70	70	65	35
B 100	100	90	25

(Nugroho, 2014)

Besar kecilnya penyerapan air oleh batako sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada batako. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam batako maka akan semakin besar pula penyerapan air sehingga ketahanannya akan berkurang. Rongga (pori-pori) yang terdapat pada batako terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi material penyusunnya. Pengaruh rasio yang terlalu besar dapat menyebabkan rongga karena terdapat air yang tidak bereaksi dan kemudian menguap dan meninggalkan rongga.

2.7.2. Sifat Mekanik Batako (Bata Beton)

Sifat mekanik merupakan respon ataupun perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan kepada material tersebut berupa gaya. Adapun sifat mekanik batako antara lain sebagai berikut:

1. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Kuat tekan pasangan batako adalah kekuatan tekan maksimum yang dipikul oleh luas permukaan yang dibebani. Persyaratan kuat tekan batako terdapat pada SNI 03-0348-1989, dengan persamaan:

$$P = \frac{F_{maks}}{A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan:

P = Kuat tekan sampel (kg/cm²)

F_{maks} = Beban maksimum (kg)

A = Luas sampel yang diuji (cm²) (Nursyahid, dkk, 2016)

Tabel 2.5. Syarat-syarat fisis batako pejal mutu

Batako pejal mutu	Kuat tekan minimum dalam kg/cm ²		Penyerapan air maksimum (% volume)
	Rata-rata dari 5 buah bata	Masing-masing	
B 25	25	21	-
B 40	40	35	-
B 70	70	65	35
B 100	100	90	25

(Nugroho, 2014)

2. Kuat Patah (*Bending Strength*)

Kekuatan patah menyatakan ukuran ketahanan bahan terhadap tekanan mekanis dan tekanan panas (*thermal stress*). Kekuatan patah sering juga disebut dengan *Modulus of Rapture* (MOR) yang menyatakan ukuran ketahanan material terhadap tekanan mekanis dan tekanan panas (*Thermal Stress*) selama penggunaannya. Kekuatan patah ini berkaitan dengan komposisi, struktur material, pori-pori dan ukuran butiran. Kekuatan patah sampel berbentuk balok dihitung dengan persamaan berikut:

$$B_s = \frac{3.P.L}{2b.h^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan:

B_s = kekuatan patah (N/mm²)

P = gaya pada puncak beban (N)

L = jarak antara tumpuan (mm)

- h = tinggi benda uji (mm)
 b = lebar benda uji (mm) (Masthura, 2010)

Berikut adalah tabel persyaratan yang telah ditetapkan oleh SNI 03-0349-1989.

Tabel 2.6. Nilai Kuat Patah Minimum

Mutu	Kuat Patah Minimum (N/mm ²)	Kuat Patah Minimum Dalam kg/cm ² (kg/cm ²)
I	1,64	16,72
II	1,36	13,86
III	1,01	10,3
IV	0,74	7,54

(Supriyono, 2012)

2.7.3. Kualitas Batako

Berdasarkan SNI 03-0349-1989, bata beton (batako) harus memenuhi syarat-syarat fisis. Syarat-syarat fisis tersebut dapat dilihat pada tabel 2.5

Tabel 2.7. Syarat-Syarat Fisis Batako

Syarat-syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu batako pejal				Tingkat mutu batako lubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata min	kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji	kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata maks	%	25	35	-	-	25	35	-	-

2.7.4. 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)

2.8. Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian Ady (2014), dalam jurnal ilmiah sains “Karakteristik makroskopik keramik batako terhadap variasi penambahan sekam tebu”, penelitian ini menggunakan variasi penambahan sekam tebu yaitu 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15%. Sekam tebu yang digunakan untuk variasi penambahan pada batako harus merupakan silika amorf dikarenakan bentuk silika amorf akan memberi pengaruh peningkatan kekuatan keramik yang lebih besar dibanding dengan bentuk fase kristalnya. Silika amorf diperoleh dengan cara membakar sekam tebu dengan suhu antara $500 - 600 \text{ }^\circ\text{C}$. Porositas yang dihasilkan pada penambahan variasi sekam tebu yang telah melalui pengayakan yaitu mengalami perbaikan disetiap persentase sekam tebu yang ditambahkan sehingga didapatkan hasil yang optimum pada variasi penambahan sekam tebu sebanyak 15%. Kemudian hasil uji XRD menggambarkan penambahan silika amorf sekam tebu dapat memperbaiki sifat mikroskopis batako dan memiliki nilai densitas yang tinggi. Berdasarkan hasil penelitian ini maka batako dengan variasi penambahan sekam tebu telah berhasil memperbaiki sifat mikroskopis batako meskipun pada

penambahan sekam tebu tanpa penyayakan memiliki nilai porositas dan densitas tidak stabil.

Menurut penelitian Karimah (2015), dalam jurnal “Pemakaian Abu Ampas Tebu dengan Variasi Suhu Sebagai Substitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton”, dalam penelitian ini dilakukan variasi suhu pembakaran abu ampas tebu yaitu 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, dan 800 °C dengan nilai silika yang didapat sebesar 49,60%, 52,59%, 53,92%, 54,46%, dan 54,96%. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh kekuatan tekan paling baik pada umur 28 hari adalah abu ampas tebu yang dibakar pada suhu 400 °C dengan persentase 5% sebesar 24,616 MPa. Semakin tinggi suhu pembakaran maka kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun. Nilai penyerapan air terendah terdapat pada campuran beton normal sebesar 0,522% dan penyerapan air tertinggi terdapat pada abu ampas tebu yang dibakar pada suhu 800 °C. Akhirnya abu ampas tebu yang dikehendaki tidak bertindak sebagai pengganti untuk memperbaiki sifat semen melainkan bertindak sebagai *filler* sama seperti pasir.

Menurut penelitian Mirna (2017), dalam jurnal “analisis Sifat-sifat Fisik Keramik Berbahan Tambahan Abu Ampas Tebu dan abu Sekam Padi”, pada penelitian ini bahan tambahan untuk pembuatan keramik adalah abu sekam padi dan abu ampas tebu dengan variasi yaitu A (30%,0%), B (20%,10%), C (15%,15%), D (10%,20%), dan E (0%,30%), kemudian dibentuk dan dicetak lalu dipadatkan menggunakan alat press hidrolik hingga tekanan 5 MPa. Sampel tersebut selanjutnya dipanaskan dalam tanur pada suhu 600 °C selama 2 jam. Hasil uji densitas keramik pada sampel A, B, C, D, dan E berkisar antara 1,5 – 1,6 g/cm³. Dari semua sampel tersebut, nilai densitas tertinggi yaitu pada sampel E, dengan nilai densitas 1,6 g/cm³. Nilai tersebut belum sesuai dengan SNI, yang disebutkan bahwa nilai densitas keramik yaitu berkisar antara 1,8 – 2,0 g/cm³. Hasil yang diperoleh tersebut menunjukkan bahwa nilai densitas yang dihasilkan lebih ringan dari keramik normal yang ditetapkan oleh SNI. Kemudian pada uji daya serap air diperoleh nilai sampel A, B, C, D, dan E yaitu berturut-turut 27,9%, 26,1%, 27,0%, 26,8%, dan 25,4%. Hasil yang diperoleh untuk daya serap air ini hampir memiliki nilai yang sama dan tidak jauh dari yang diisyaratkan oleh SNI dengan nilai penyerapan air 20%. Untuk uji kuat tekan hasil yang diperoleh

masing masing sampel yaitu 8,91 MPa, 14,09 MPa, 16,49 MPa, 15,41 MPa, dan 17,77 MPa. Dari hasil yang diperoleh tersebut, sampel keramik yang berkualitas baik yaitu sampel B, C, D, dan E karena keempat sampel tersebut sudah memenuhi standar keramik yang sudah ditetapkan oleh SNI-1996 yaitu 10 MPa. Dari keempat sampel tersebut, sampel E merupakan sampel yang terbaik karena memiliki nilai kuat tekan yang tertinggi yaitu 17,77 MPa, dan penambahan abu ampas tebu yang lebih banyak dapat meningkatkan kualitas keramik karena pada sampel E penambahan abu ampas tebu yang paling banyak digunakan.

Menurut penelitian Amran (2016), dalam jurnal teknologi aplikasi konstruksi “Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Campuran Untuk Memperbaiki Sifat Fisik dan Mekanis Bata”, penelitian ini menggunakan variasi pencampuran abu ampas tebu dengan tanah asli pada perbandingan volume 0:10, 1:10, 2:10, dan 3:10. Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan bahwa karakteristik bata dengan penambahan abu ampas tebu sampai pada perbandingan volume 1:10, 2:10, 3:10 mempunyai bentuk permukaan rata, halus, dan siku yang tajam. Sedangkan bata yang menggunakan tanah asli tanpa campuran abu ampas tebu 0:10 menunjukkan bentuk permukaan yang kasar, rapuh, dan tidak siku. Bata dengan penambahan abu ampas tebu akan lebih padat dan penyerapan air kecil. Kekuatan tekan bata terjadi pada pemakaian abu ampas tebu dengan perbandingan volume 1:10 dengan nilai kuat tekan 82,95 kg/cm² pada umur 7 hari. Kuat tekan bata mengalami penurunan seiring bertambahnya volume perbandingan abu ampas tebu.

2.9. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah variasi penambahan abu ampas tebu dapat mempengaruhi karakteristik batako karena abu ampas tebu mengandung unsur silika (SiO₂) yang bagus untuk dijadikan bahan campuran pembuatan batako.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah abu ampas tebu. Sampel tersebut diuji untuk mengetahui hubungan karakteristik sifat fisis dan sifat mekanik dengan komposisi bahan.

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Material Test, Politeknik Teknologi Kimia Industri (PTKI) Jl. Medan Tenggara VII, Medan Tenggara, Kecamatan Medan Denai, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara dan Laboratorium Fisika Dasar, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Jl. IAIN No.1, Gaharu, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara.

3.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September – Oktober 2019.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Ayakan 100 mesh.

Ayakan digunakan untuk menyaring abu ampas tebu.

2. Jangka sorong.

Jangka sorong digunakan untuk pengujian ukuran tebal batako.

3. Mistar/penggaris.

Meteran/penggaris digunakan untuk mengukur panjang batako.

4. Ember/wadah

Ember digunakan untuk merendam batako pada pengujian daya serap air.

5. Sendok Semen.

Sendok semen digunakan untuk mengaduk campuran semen, air, abu ampas tebu, dan agregat.

6. Timbangan analog.

Timbangan analog digunakan untuk mengukur massa abu ampas tebu, semen, dan pasir.

7. Timbangan Digital.

Timbangan digunakan untuk mengukur massa batako.

8. UTM (*Universal Testing Machine*).

Berfungsi sebagai alat untuk menguji kuat tekan dan kuat patah sampel.

9. Cetakan:

a) Kubus ($3 \times 3 \times 3$) cm³ berfungsi sebagai cetakan untuk sampel uji kuat tekan, densitas, dan daya serap air.

b) Balok ($10 \times 3 \times 3$) cm³ berfungsi sebagai cetakan untuk sampel uji kuat patah.

10. Gelas ukur 500 ml

Gelas ukur digunakan sebagai wadah untuk takaran perbandingan volume air dengan bahan.

3.3.2. Bahan Penelitian

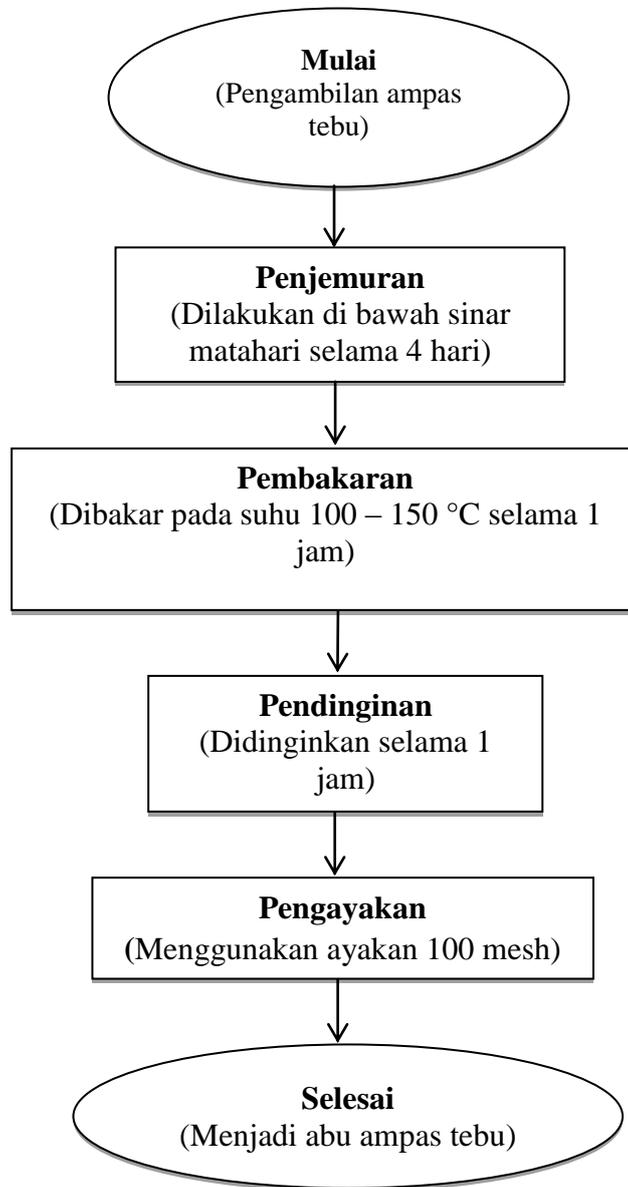
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Abu ampas tebu dalam satuan mesh
2. Air
3. Semen portland
4. Agregat halus (pasir)

3.4. Diagram Alir penelitian

3.4.1. Tahap Pembuatan Abu Ampas tebu

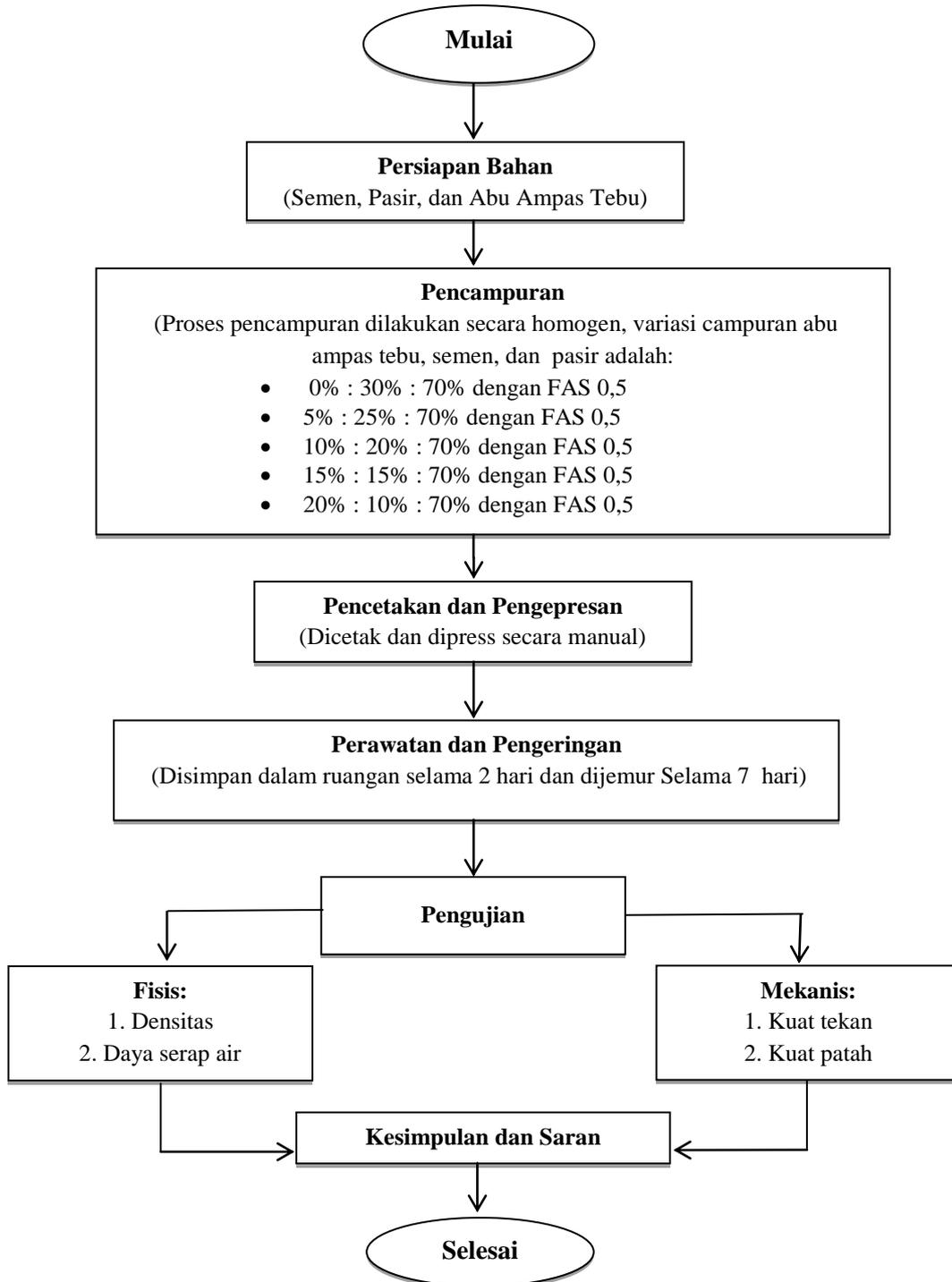
Diagram alir tahap pembuatan abu ampas tebu adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Tahap pembuatan abu ampas tebu

3.4.2. Tahap Pembuatan Batako

Diagram alir tahap pembuatan batako pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2. Tahap pembuatan batako

3.5. Prosedur penelitian

3.5.1. Pembuatan Abu Ampas Tebu

Pembuatan abu ampas tebu dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyediakan ampas tebu.
2. Melakukan proses penjemuran ampas tebu yang telah tersedia dibawah sinar matahari selama 4 hari.
3. Kemudian ampas tebu dibakar secara manual dengan suhu 100 – 150 °C selama 1 jam. Kemudian dinginkan abu ampas tebu selama 1 jam.
4. Kemudian melakukan pengayakan abu ampas tebu menggunakan ayakan 100 mesh.

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan batako berbahan dasar pasir dengan variasi campuran abu ampas tebu yang kemudian diuji sesuai dengan standar SNI 03-0349-1989. Parameter yang diuji terdiri atas: densitas, daya serap air, kuat tekan, dan kuat patah. Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu ampas tebu dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Rancangan pencampuran bahan dasar dengan abu ampas tebu

Kode uji sampel	Komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, pasir, dan air			
	Abu ampas tebu	Semen	Pasir (Agregat)	FAS
A	0%	30%	70%	0,5
B	5%	25%	70%	0,5
C	10%	20%	70%	0,5
D	15%	15%	70%	0,5
E	20%	10%	70%	0,5

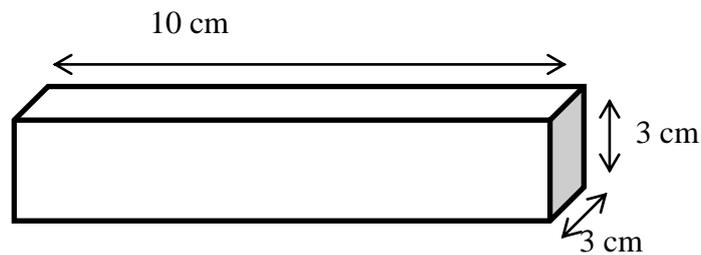
3.5.2. Pembuatan Batako

Pembuatan batako dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyediakan bahan campuran batako yaitu abu ampas tebu, semen, air, dan pasir.
2. Membersihkan semua alat yang akan digunakan agar tidak ada bahan-bahan lain yang dapat mempengaruhi campuran batako.
3. Mencampurkan semua bahan campuran batako yang telah ditakar, kemudian aduk hingga campurannya homogen.

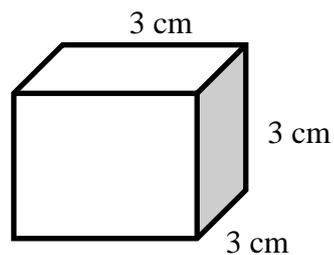
4. Menuangkan adonan ke dalam cetakan yang telah tersedia.
5. Mengepress cetakan secara manual sekaligus meratakan permukaan cetakan batako.
6. Cetakan yang telah diisi campuran bahan batako disimpan dalam ruangan perawatan selama 2 hari sampai batako mengeras dan dijemur dibawah sinar matahari selama 7 hari sampai kering. Bentuk cetakan sampel batako sebagai berikut:

1).



Gambar 3.3.Sampel Batako Untuk Uji Patah

2).



Gambar 3.4. Sampel Batako Untuk Uji Densitas, Daya Serap Air, dan Kuat Tekan

3.5.3. Metode Karakterisasi

3.5.3.1. Densitas

Pengujian densitas dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji.
2. Menimbang massa benda uji.
3. Mengukur besar volume dari masing-masing variasi benda uji.
4. Menghitung nilai densitas masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
5. Mencatat besar nilai densitas yang dihasilkan.

3.5.3.2. Daya Serap Air

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

1. Menyiapkan benda uji, wadah sebanyak 5 buah, dan air secukupnya.
2. Mengukur massa benda uji kering dan catat hasilnya.
3. Masukkan air ke dalam wadah tersebut secukupnya, kemudian benda uji dimasukkan ke dalam wadah tersebut dan direndam selama 1 hari.
4. Setelah benda uji diangkat dari wadah perendaman, kemudian dihitung massa benda uji basah.
5. Menghitung nilai daya serap air masing-masing benda uji dari data yang dihasilkan.
6. Mencatat nilai daya serap air yang dihasilkan.

3.5.3.3. Kuat Tekan

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

1. Menyiapkan benda uji batako.
2. Mengukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya.
3. Meletakkan benda uji (3x3x3) cm³ pada alat uji kuat tekan yaitu UTM.
4. Mengatur jarum alat kuat tekan tepat pada angka nol.
5. Menyalakan tombol power kemudian mengamati jarum penunjuk beban, sambil memberikan beban tekan (F) dari atas perlahan demi perlahan sampai batako tersebut hancur.
6. Mencatat besarnya nilai beban tekan maksimum yang terbaca pada jarum.
7. Mengulangi kegiatan 3 – 6 dengan menggunakan sampel uji untuk kode sampel komposisi yang berbeda.

3.5.3.4. Kuat patah

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

1. Menyiapkan benda uji batako.
2. Mengukur dimensi panjang, lebar, dan tinggi untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya.
3. Meletakkan benda uji (10x3x3) cm³ pada alat uji kuat patah yaitu UTM.
4. Mengatur jarum alat kuat patah tepat pada posisi nol.
5. Menyalakan alat kuat patah kemudian membaca jarum penunjuk beban, sambil memberikan beban patah (P) dari atas perlahan demi perlahan sampai batako tersebut patah.
6. Mencatat besarnya nilai beban patah maksimum yang terbaca pada jarum alat kuat patah.
7. Mengulangi kegiatan 3 sampai 6 untuk sampel uji dengan komposisi berbeda.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari pembuatan batako dengan campuran abu ampas tebu diperoleh dengan melakukan 4 pengujian yaitu: pengujian densitas, pengujian daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah.

4.1.1. Pengujian Densitas

Dari hasil penelitian pembuatan batako dengan campuran abu ampas tebu diperoleh data pengujian densitas sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Densitas

Variasi Campuran Abu Ampas Tebu	Densitas (kg/m ³)	Rata-rata (kg/m ³)	SNI 1973-2016 (kg/m ³)
Normal (0%)	1202	1200	>2000
	1144		
	1254		
5%	1194	1198	
	1255		
	1145		
10%	1023	1009	
	898		
	1108		
15%	921	873	
	864		
	833		
20%	821	801	
	773		
	810		

Dari tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa densitas batako dari variasi campuran 0% – 20% yaitu 1200 kg/m³, 1198 kg/m³, 1009 kg/m³, 873 kg/m³, dan 801 kg/m³ tidak mencapai nilai standar yang ditetapkan oleh SNI 1973-2016 sebesar 2000 kg/m³.

4.1.2. Pengujian 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

Variasi Campuran Abu Ampas Tebu	Daya Serap Air (%)	Rata-rata (%)	SNI 03-0349-1989 (%)
Normal (0%)	33,7	33	Maks 35
	33		
	32,5		
5%	32,6	34	
	30		
	40		
10%	41,3	43,7	
	48		
	42		
15%	47	47	
	49		
	46		
20%	53	54	
	55		
	54		

Dari tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa nilai daya serap air pada campuran variasi 0% dan 5% yaitu 33% dan 34% sudah mendekati dengan standar yang ditetapkan SNI 03-0349-1989 sebesar 35%. Untuk variasi campuran 10%, 15%, dan 20% yaitu 43,7%, 47%, dan 54% berada jauh di atas batas maksimal nilai daya serap air berdasarkan SNI 03-0349-1989 sebesar 35%.

4.1.3. Pengujian 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*). Hasil pengujian kuat tekan batako dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi Campuran Abu Ampas Tebu	Kuat Tekan (kg/cm²)	Rata-rata (kg/cm²)	SNI 03-0349-1989 (kg/cm²)
Normal (0%)	38,54 37,15 32,51	36,06	Min 21
5%	22,57 20,83 19,84	21,08	
10%	14,58 13,88 16,32	14,93	
15%	10,24 8,68 9,4	9,44	
20%	2,5	2,44	
	2,43 2,4		

Dari tabel 4.3 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan pada variasi campuran 0% didapat sebesar 36,06 kg/cm² dan variasi campuran 5% didapat sebesar 21,08 kg/cm². Pada campuran 0% nilai kuat tekan di atas standar SNI 03-0349-1989 sebesar 21 kg/cm², sedangkan pada variasi campuran 5% batako sudah memenuhi standar SNI 03-0349-1989. Kemudian untuk variasi campuran 10%, 15%, dan 20% nilai kuat tekan yang didapat yaitu 14,93 kg/cm², 9,44 kg/cm², dan 2,44 kg/cm² belum memenuhi standar kuat tekan berdasarkan SNI 03-0349-1989 sebesar 21 kg/cm².

4.1.4. 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 berikut ini:

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Kuat Patah

Variasi Campuran Abu Ampas Tebu	Kuat Patah (kg/cm²)	Rata-rata (kg/cm²)	SNI 03-0349-1989 (kg/cm²)
Normal (0%)	15,4	13,43	Min 10,03
	12,44		
	12,44		
5%	17,7	17,13	
	18,9		
	14,8		
10%	23,33	20,01	
	18,35		
	18,35		
15%	17,03	16,6	
	14,40		
	18,35		
20%	14,76	13,9	
	14,17		
	12,7		

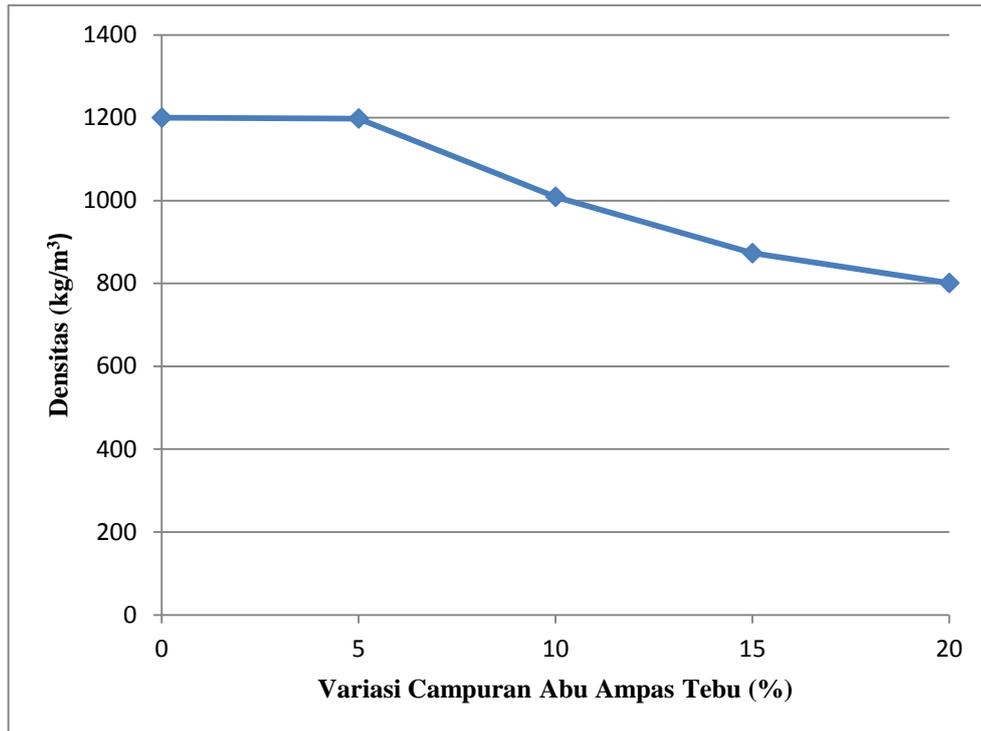
Dari tabel 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat patah batako pada variasi campuran 5% – 20% yaitu 13,43 kg/cm², 17,13 kg/cm², 20,01 kg/cm², 16,6 kg/cm², dan 13,9 kg/cm² sudah memenuhi standar yang ditetapkan SNI 03-0349-1989 sebesar 10,3 kg/cm².

4.2. Pembahasan

Pembahasan penelitian sampel batako dengan campuran abu ampas tebu didapatkan berdasarkan data hasil penelitian dari pengujian densitas, pengujian daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah.

4.2.1. Densitas

Berikut ini adalah grafik pengujian densitas terhadap komposisi abu ampas tebu:



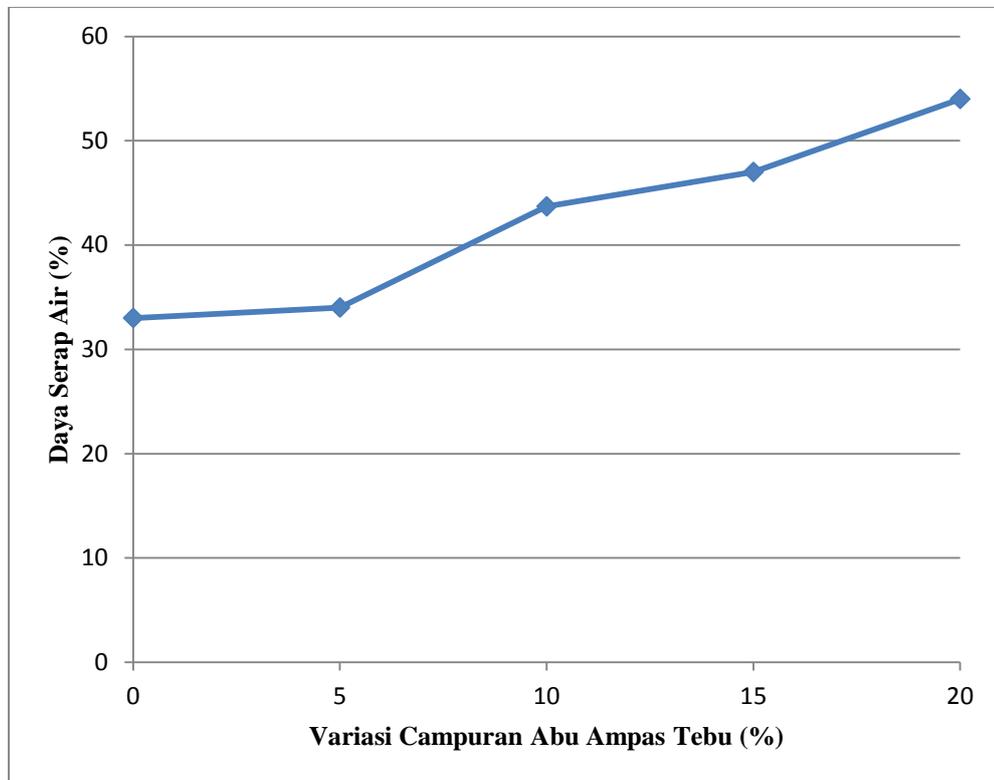
Gambar 4.1. Grafik Pengujian Densitas Terhadap Komposisi Abu Ampas Tebu

Dari gambar grafik 4.1 dapat dilihat bahwa nilai densitas batako pada variasi campuran 0% dan 5% diperoleh nilai yang hampir sama yaitu 1200 kg/m³ dan 1198 kg/m³. Sedangkan nilai densitas pada variasi campuran 10% – 20% mengalami penurunan yaitu 1009 kg/m³, 873 kg/m³, dan 801 kg/m³. Bertambahnya variasi campuran abu ampas tebu, menyebabkan densitas semakin menurun. Hal ini terjadi karena abu ampas tebu mempunyai berat jenis yang lebih kecil dibandingkan pasir yaitu 1,29 (abu ampas tebu) dan 2,26 (pasir). Berat jenis abu ampas tebu yang ringan menyebabkan batako mengalami penurunan berat jenis pula. Selain itu, Penurunan nilai densitas disebabkan karena kurangnya pemadatan pada saat pencetakan batako sehingga menghasilkan banyaknya pori-pori pada batako.

Batako normal memiliki densitas sekitar 2000 – 2400 kg/m³ dan dikatakan batako ringan jika memiliki densitas <1800 kg/m³. Dari semua variasi campuran dapat dilihat bahwa tidak ada yang memenuhi nilai densitas batako normal dan masuk dalam kategori bata beton ringan dengan nilai densitas <2000 kg/m³.

4.2.2. Daya Serap Air

Grafik pengujian daya serap air terhadap komposisi abu ampas tebu dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini:



Gambar 4.2. Grafik Pengujian Daya Serap Air Terhadap Komposisi Abu Ampas Tebu

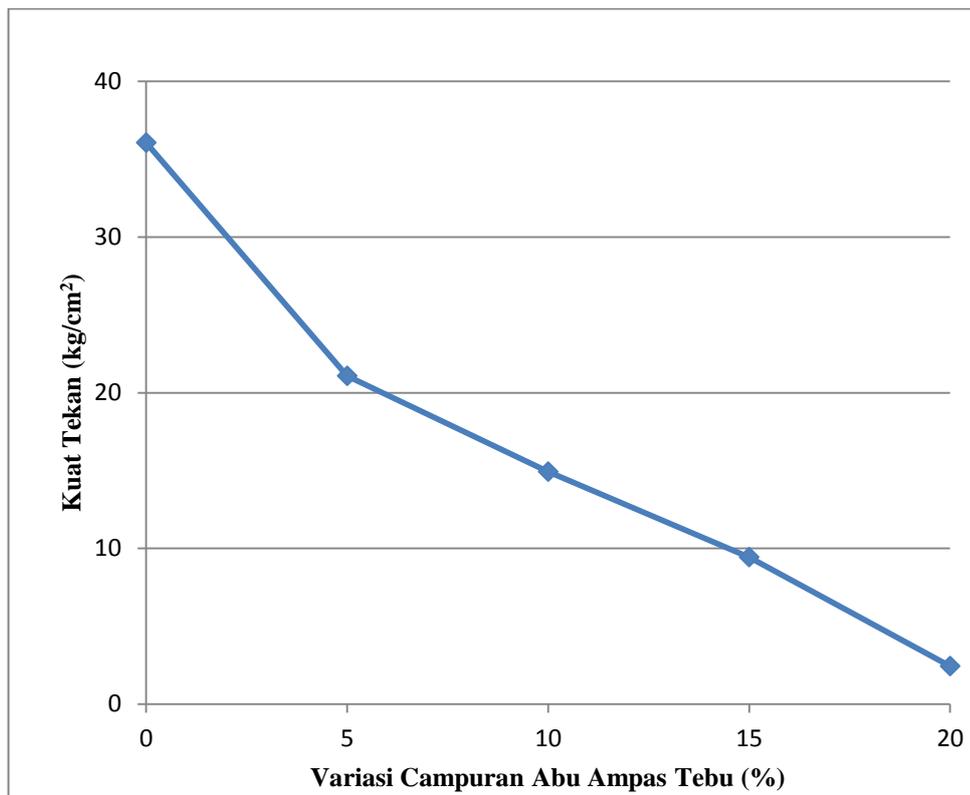
Penyerapan air maksimum dalam SNI 03-0349-1989 adalah 35%. Dari grafik 4.2 di atas dapat dilihat bahwa nilai daya serap air batako semakin meningkat seiring dengan banyaknya abu ampas tebu yang ditambahkan. Sifat abu ampas tebu yang secara fisik berwarna hitam dan menyerupai arang ini memiliki daya serap yang tinggi.

Kadar air pada batako 0% abu ampas tebu sebesar 33%, pada batako 5% abu ampas tebu sebesar 34%, pada batako 10% abu ampas tebu sebesar 43,7%, pada batako 15% abu ampas tebu sebesar 47%, dan pada batako 20% abu ampas tebu sebesar 54%. Selain sifat penyerapan air yang dimiliki abu ampas tebu sangat tinggi, peningkatan daya serap air juga terjadi karena proses pemadatan dalam pembuatan batako pada penelitian ini dilakukan secara manual. Hal ini sangat mungkin menyebabkan kepadatan batako yang dihasilkan terbatas. Sehingga

terdapat banyak rongga yang ada dalam batako. Rongga yang banyak tersebut menyebabkan peningkatan serapan karena air akan mengisi rongga-rongga tersebut.

4.2.3. Kuat Tekan

Berikut adalah grafik pengujian kuat tekan terhadap komposisi abu ampas tebu:



Gambar 4.3. Grafik Pengujian Kuat Tekan Terhadap Komposisi Abu Ampas Tebu

Berdasarkan hasil kuat tekan dengan metode SNI 03-0349-1989 kuat tekan batako (bata beton) tertinggi dicapai pada batako 0% abu ampas tebu dengan kuat tekan sebesar $36,06 \text{ kg/cm}^2$ dan terendah pada batako 20% abu ampas tebu dengan kuat tekan sebesar $2,44 \text{ kg/cm}^2$. Pada grafik 4.3 di atas dapat dilihat bahwa kuat tekan batako semakin menurun. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh hubungan densitas dengan kuat tekan pada grafik di atas yang menunjukkan bahwa semakin

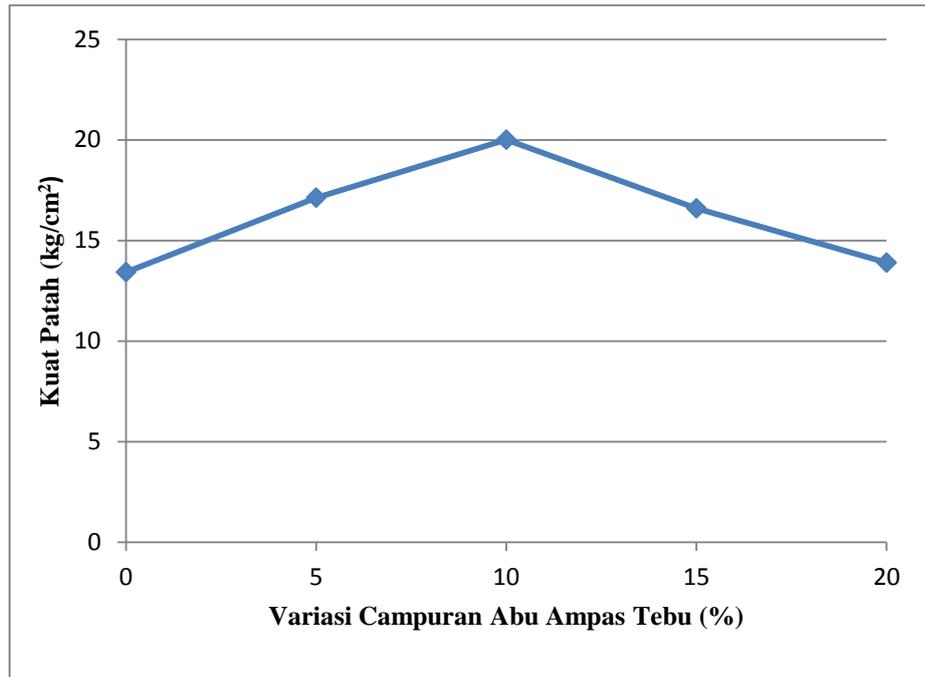
kecil densitas maka kuat tekan batako semakin rendah, sebaliknya jika semakin tinggi densitas maka kuat tekan batako semakin besar.

Selain adanya pengaruh hubungan densitas dengan kuat tekan, abu ampas tebu yang digunakan secara fisik berwarna hitam dan menyerupai arang serta memiliki daya serap (*hidrolisis*) terhadap air yang tinggi. Sifat *hidrolisis* yang dimiliki abu ampas tebu tersebut dimungkinkan mengganggu reaksi pengikatan agregat oleh semen. Ini disebabkan karena untuk mengikat agregat, semen membutuhkan air yang cukup. Disamping itu, air banyak diserap oleh abu ampas tebu yang ada dalam campuran. Sehingga kuat tekan yang dihasilkan menurun.

Batako pada variasi campuran 0% dan 5% dengan kuat tekan $36,06 \text{ kg/cm}^2$ dan $21,08 \text{ kg/cm}^2$ termasuk batako dengan mutu B1 (B25), yaitu batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindungi dari cuaca luar, seperti dinding rumah. Dapat dilihat pada tabel 2.5, syarat-syarat fisis batako, penelitian ini menggunakan batako pejal mutu B25 (B1) dengan kuat tekan minimum persampelnya 21 kg/cm^2 dan hasil kuat tekan yang diperoleh mencapai nilai yang telah ditetapkan SNI 03-0349-1989

4.2.4. Kuat Patah

Grafik pengujian kuat patah terhadap komposisi abu ampas tebu dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini:



Gambar 4.4. Grafik Pengujian Kuat Patah Terhadap Komposisi Abu Ampas Tebu

Dari grafik 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai kuat patah semakin tinggi pada variasi campuran 0 – 10%. Kemudian kuat patah menurun pada variasi campuran 15 – 20%. Hal ini disebabkan kurang homogenya bahan campuran batako dan kurangnya pemadatan pada saat pencetakan batako. Pada variasi campuran 10% abu ampas tebu kuat patah batako mengalami peningkatan, hal ini kemungkinan terjadi karena gaya tekan saat pemadatan yang cukup kuat sehingga pada variasi campuran 10% abu ampas tebu meningkat. Kemudian penurunan kuat patah batako pada variasi campuran 15 – 20% ini terjadi karena semakin banyak nya penambahan abu ampas tebu dan kurang merekatnya abu ampas tebu tersebut serta kurangnya pemakaian semen pada kedua variasi campuran ini sehingga kuat patah batako menurun.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan abu ampas tebu terhadap karakteristik batako dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan abu ampas tebu sebagai pengganti semen berpengaruh nyata terhadap karakteristik batako. Dengan penambahan abu ampas tebu pada variasi campuran 5 – 20% menyebabkan nilai densitas batako menurun, kuat tekan menurun, dan daya serap air meningkat. Sedangkan kuat patah mengalami peningkatan pada variasi campuran 5 – 10% dan mengalami penurunan pada variasi campuran 15 – 20%.
2. Komposisi pencampuran abu ampas tebu, semen, dan pasir yang paling optimal yaitu pada variasi campuran 5% : 15% : 70% : 10% untuk pengujian daya serap air, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat patah. karena memenuhi standar SNI 03-0348-1989. Sedangkan pada variasi campuran lainnya tidak optimal.
3. Aplikasi dari batako yang dihasilkan dengan variasi campuran 5% abu ampas tebu dapat digunakan sebagai dinding rumah. Karena kuat tekan yang dihasilkan memenuhi syarat mutu batako B1 (B25) yang ditetapkan oleh SNI 03-0349-1989.

5.2. Saran

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

1. Sebaiknya peneliti selanjutnya memvariasikan suhu pembakaran ampas tebu agar dapat mengetahui kualitas abu ampas tebu yang dihasilkan pada masing-masing variasi suhu.

2. Pada saat proses pencetakan sebaiknya adonan batako dipress dengan alat press agar dihasilkan batako yang padat sehingga nilai densitas akan tinggi dan tentunya kuat tekan juga akan semakin tinggi.
3. Hindari penjemuran secara langsung dibawah matahari setelah proses pencetakan untuk menghindari keretakan yang terjadi pada batako.

DAFTAR PUSTAKA

- Ady, Jan. 2014. *Karakteristik Mikroskopik Keramik Batako Terhadap Variasi penambahan sekam Tabu*. Surabaya: Jurnal Ilmiah Sains. Vol. 14 No.1
- Amran, Yusuf, dkk. 2016. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Campuran Untuk Memperbaiki Sifat Fisik dan Mekanik Bata*. Lampung: Jurnal Teknologi Aplikasi Konstruksi. Vol. 6 No.1
- Castro Siregar, Diego Van. 2017. *Karakterisasi Beton Polimer Dari Agregat Pasir dan batu Apung Serta Serat Tebu dengan resin Epoksi*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera utara
- Esse, Indo. 2018. *Pemanfaatan Lignin Hasil Delignifikasi Ampas Tebu Sebagai Perikat kignin Resorsinol formaldehida (LRF)*. Skripsi. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin
- Hendriyani, Irma. 2017. *Kajian Pembuatan Batako dengan Penambahan Limbah Kertas HVS*. Balikpapan: Universitas Balikpapan. ISBN978-602-51450-0-1
- Karimah, Rofikotul. 2015. *Pemakaian Abu Ampas Tebu dengan Variasi Suhu Sebagai Subtitusi Parsial Semen Dalam Campuran Beton*. Malang: Universtas Muhammadiyah Malang. Vol. 13 No. 2
- Masthura, 2010. *Karakterisasi Batu Bata Dengan Campuran Abu Sekam Padi*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Mirna, dkk. 2017. *Analisis Sifat-sifat Fisik Keramik Berbahan Tambahan Abu Ampas Tebu dan Abu Sekam Padi*. ISSN : Vol. 16 No. 2
- Mulyono, Tri, 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. ANDI
- Muslimin. 2016. *Uji Kualitas Batako Dari Beberapa Jenis Pasir*. Skripsi. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin
- Nugraha, Igit. 2016. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas tebu dan Limbah Bata Merah Terhadap Karakteristik Genteng Tanah Liat Tradisional*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Nugroho, Ari Setyo. 2014. *Tinjauan Kualitas Batako dengan Pemakaian Bahan Tambah Limbah Gypsum*. Naskah Publikasi Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta

Nursyahid, Hanif, dkk. 2016. *Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Batako Pejal Dalam Meningkatkan Kekuatan Dinding di Yogyakarta*. Seminar Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Sinaga, Sandora. 2015. *Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Karakteristik Keramik Silika dari daun Bambu Hasil Leaching Asam Sitrat dan Suhu pembakaran 500°C-700°C*. Lampung: Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika Vol. 03, No. 01

Supriyono, Papat. 2012. *Pengembangan Batako Dari Komposit bahan Dasar (RAW FILLER) dan Pengisi (FILLER) Abu Sekam Kopi Sebagai Bahan Pendidikan Kecakapan Vokasional Di SMP Negeri 2 Curup Tengah*. Tesis. Bengkulu: Universitas Bengkulu

Syaifuddin. 2018. *Pembuatan dan Pengujian Kuat Tekan Batako dengan Penambahan Limbah Tulang Ikan*. Skripsi. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin

SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-0349-1989. Beton Untuk Pasangan Dinding

LAMPIRAN 1
GAMBAR ALAT-ALAT PERCOBAAN

1. UTM (*Universal Testing Machine*)



2. Neraca Digital



3. Ayakan 100 mesh



4. Cetakan ukuran 10x3x3 cm³



5. Jangka sorong



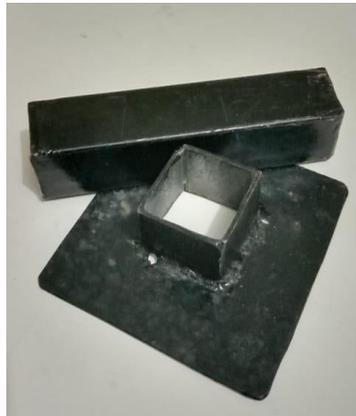
6. Sendok semen



7. Gelas ukur (250 ml)



8. Cetakan 3x3x3 cm³



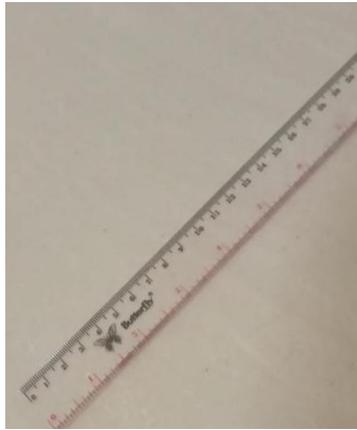
9. Wadah perendaman



10. Timbangan Analog



11. Mistar/penggaris



LAMPIRAN 2
GAMBAR BAHAN PERCOBAAN

1. Pasir (komersial)



2. Abu Ampas Tebu



3. Semen *Portland*



LAMPIRAN 3

GAMBAR SAMPEL UJI BATAKO

1. Untuk pengujian Kuat Tekan dan Densitas



2. Untuk pengujian daya serap air



3. Untuk pengujian kuat patah



LAMPIRAN 4
DATA PENGUJIAN DENSITAS

Variasi Campuran	Massa Benda Uji (kg)	Volume (m ³)
Normal	0,03246	0,27
	0,03089	0,27
	0,03388	0,27
5%	0,03224	0,27
	0,03389	0,27
	0,03092	0,27
10%	0,02764	0,27
	0,02426	0,27
	0,02992	0,27
15%	0,02489	0,27
	0,02334	0,27
	0,02418	0,298
20%	0,02218	0,27
	0,02088	0,27
	0,02188	0,27

Hasil pengujian densitas dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.2) dengan perhitungan densitas dari data lampiran 4 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Untuk variasi campuran normal

1. Massa benda uji (m) = 0,03246 kg
- Volume benda uji (v) = s x s x s
= 3 x 3 x 3
= 27 cm³
= 0,27 m³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{0,03246}{0,27} \\ &= 0,120 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

2. Massa benda uji (m) = 0,03089 kg

$$\begin{aligned}
\text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\
&= 3 \times 3 \times 3 \\
&= 27 \text{ cm}^3 \\
&= 0,27 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{v} \\
&= \frac{0,03089}{0,27} \\
&= 0114 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$3. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,03388 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\
&= 3 \times 3 \times 3 \\
&= 27 \text{ cm}^3 \\
&= 0,27 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{v} \\
&= \frac{0,03388}{0,27} \\
&= 0,125 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Densitas } (\rho) \text{ rata-rata} &= \frac{0,120 + 0,114 + 0,125}{3} \\
&= \frac{0,359}{3} \\
&= 0,119 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 5%

$$1. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,03224 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\
&= 3 \times 3 \times 3 \\
&= 27 \text{ cm}^3 \\
&= 0,27 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{0,03224}{0,27} \\ &= 0,119 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,03389 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\ &= 3 \times 3 \times 3 \\ &= 27 \text{ cm}^3 \\ &= 0,27 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{0,03389}{0,27} \\ &= 0,125 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,03092 \text{ kg} \\ \text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\ &= 3 \times 3 \times 3 \\ &= 27 \text{ cm}^3 \\ &= 0,27 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{0,03092}{0,27} \\ &= 0,114 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{Densitas } (\rho) \text{ rata-rata} &= \frac{0,119 + 0,125 + 0,114}{3} \\ &= \frac{0,358}{3}\end{aligned}$$

$$= 0,119 \text{ kg/m}^3$$

Untuk variasi campuran 10%

1. Massa benda uji (m) = 0,02764 kg

Volume benda uji (v)

$$= s \times s \times s$$
$$= 3 \times 3 \times 3$$
$$= 27 \text{ cm}^3$$
$$= 0,27 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$
$$= \frac{0,02764}{0,27}$$
$$= 0,102 \text{ kg/m}^3$$

2. Massa benda uji (m) = 0,02426 kg

Volume benda uji (v)

$$= s \times s \times s$$
$$= 3 \times 3 \times 3$$
$$= 27 \text{ cm}^3$$
$$= 0,27 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$
$$= \frac{0,02426}{27}$$
$$= 0,089 \text{ kg/m}^3$$

3. Massa benda uji (m) = 0,02992 kg

Volume benda uji (v)

$$= s \times s \times s$$
$$= 3 \times 3 \times 3$$
$$= 27 \text{ cm}^3$$
$$= 0,27 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,02992}{0,27}$$

$$= 0,111 \text{ kg/m}^3$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\text{Densitas } (\rho) \text{ rata-rata} = \frac{0,102 + 0,089 + 0,111}{3}$$

$$= \frac{0,302}{3}$$

$$= 0,100 \text{ kg/m}^3$$

Untuk variasi campuran 15%

$$1. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,02489 \text{ g}$$

$$\text{Volume benda uji (v)} = s \times s \times s$$

$$= 3 \times 3 \times 3$$

$$= 27 \text{ cm}^3$$

$$= 0,27 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,02489}{27}$$

$$= 0,092 \text{ kg/m}^3$$

$$2. \text{ Massa benda uji (m)} = 0,02334 \text{ kg}$$

$$\text{Volume benda uji (v)} = s \times s \times s$$

$$= 3 \times 3 \times 3$$

$$= 27 \text{ cm}^3$$

$$= 0,27 \text{ m}^3$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$= \frac{0,02334}{0,27}$$

$$= 0,086 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
3. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02418 \text{ kg} \\
\text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\
&= 3,1 \times 3,1 \times 3,1 \\
&= 29,8 \text{ cm}^3 \\
&= 0,298 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{v} \\
&= \frac{0,02418}{0,298} \\
&= 0,081 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Densitas } (\rho) \text{ rata-rata} &= \frac{0,092 + 0,086 + 0,081}{3} \\
&= \frac{0,259}{3} \\
&= 0,086 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 20%

$$\begin{aligned}
1. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02218 \text{ kg} \\
\text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s \\
&= 3 \times 3 \times 3 \\
&= 27 \text{ cm}^3 \\
&= 0,27 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{v} \\
&= \frac{0,02218}{0,27} \\
&= 0,082 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
2. \text{ Massa benda uji (m)} &= 0,02088 \text{ kg} \\
\text{Volume benda uji (v)} &= s \times s \times s
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 3 \times 3 \times 3 \\
&= 27 \text{ cm}^3 \\
&= 0,27 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{v} \\
&= \frac{0,02088}{0,27} \\
&= 0,077 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

3. Massa benda uji (m)	= 0,02188 kg
Volume benda uji (v)	= s x s x s
	= 3 x 3 x 3
	= 27 cm ³
	= 0,27 m ³

Besar densitas (ρ) sampel berdasarkan persamaan (2.2):

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{m}{v} \\
&= \frac{0,02188}{0,27} \\
&= 0,081 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan densitas rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Densitas } (\rho) \text{ rata-rata} &= \frac{0,082 + 0,077 + 0,081}{3} \\
&= \frac{0,24}{3} \\
&= 0,08 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

LAMPIRAN 5

DATA PENGUJIAN DAYA SERAP AIR

Variasi Campuran	Massa Basah (gram)	Massa Kering (gram)
Normal	49,01	32,46
	46,08	30,89
	50,22	33,88
5%	47,89	32,24
	48,57	33,89
	51,54	30,92
10%	47,09	27,64
	46,79	24,26
	46,63	27,04
15%	47,24	24,89
	46,67	23,34
	45,01	24,18
20%	46,89	22,18
	46,92	20,88
	47,86	21,98

Pengujian daya serap air dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.3) dengan perhitungan daya serap air dari data lampiran 5 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Untuk variasi campuran normal

1. Massa kering (m_k) = 32,46 g

Massa basah (m_b) = 49,01 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\ &= \frac{49,01 - 32,46}{49,01} \times 100\% \\ &= \frac{16,55}{49,01} \times 100\% \\ &= 0,337 \times 100\% \\ &= 33,7\% \end{aligned}$$

2. Massa kering (m_k) = 30,89 g

Massa basah (m_b) = 46,08 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\ &= \frac{46,08 - 30,89}{46,08} \times 100\% \\ &= \frac{15,19}{46,08} \times 100\% \\ &= 0,33 \times 100\% \\ &= 33\% \end{aligned}$$

3. Massa kering (m_k) = 33,88 g

Massa basah (m_b) = 50,22 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\ &= \frac{50,22 - 33,88}{50,22} \times 100\% \\ &= \frac{16,34}{50,22} \times 100\% \\ &= 0,325 \times 100\% \\ &= 32,5\% \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{33,7 + 33 + 32,5}{3} \\ &= \frac{99,2}{3} \\ &= 33\% \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 5%

1. Massa kering (m_k) = 32,24 g

Massa basah (m_b) = 47,89 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
 &= \frac{47,89 - 32,24}{47,89} \times 100\% \\
 &= \frac{15,65}{47,89} \times 100\% \\
 &= 0,326 \times 100\% \\
 &= 32,6\%
 \end{aligned}$$

2. Massa kering (m_k) = 33,89 g
 Massa basah (m_b) = 48,57 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
 &= \frac{48,57 - 33,89}{48,57} \times 100\% \\
 &= \frac{14,68}{48,57} \times 100\% \\
 &= 0,30 \times 100\% \\
 &= 30\%
 \end{aligned}$$

3. Massa kering (m_k) = 30,92 g
 Massa basah (m_b) = 51,54 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
 &= \frac{51,54 - 30,92}{51,54} \times 100\% \\
 &= \frac{20,62}{51,54} \times 100\% \\
 &= 0,40 \times 100\% \\
 &= 40\%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Daya serap air} &= \frac{32,6 + 30 + 40}{3} \\ &= \frac{102,6}{3} \\ &= 34\% \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 10%

1. Massa kering (m_k) = 27,64 g

Massa basah (m_b) = 47,09 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\ &= \frac{47,09 - 27,64}{47,09} \times 100\% \\ &= \frac{19,45}{47,09} \times 100\% \\ &= 0,413 \times 100\% \\ &= 41,3\% \end{aligned}$$

2. Massa kering (m_k) = 24,26 g

Massa basah (m_b) = 46,79 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned} P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\ &= \frac{46,79 - 24,26}{46,79} \times 100\% \\ &= \frac{22,53}{46,79} \times 100\% \\ &= 0,48 \times 100\% \\ &= 48\% \end{aligned}$$

3. Massa kering (m_k) = 27,04 g

Massa basah (m_b) = 46,63 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
 &= \frac{46,63 - 27,04}{46,63} \times 100\% \\
 &= \frac{19,59}{46,63} \times 100\% \\
 &= 0,42 \times 100\% \\
 &= 42\%
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Daya serap air} &= \frac{41,3 + 48 + 42}{3} \\
 &= \frac{131,3}{3} \\
 &= 43,7\%
 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 15%

1. Massa kering (m_k) = 24,89 g

Massa basah (m_b) = 47,24 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
 &= \frac{47,24 - 24,89}{47,24} \times 100\% \\
 &= \frac{22,35}{47,24} \times 100\% \\
 &= 0,47 \times 100\% \\
 &= 47\%
 \end{aligned}$$

2. Massa kering (m_k) = 23,34 g

Massa basah (m_b) = 46,67 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$P = \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{46,67 - 23,34}{46,67} \times 100\% \\
&= \frac{23,33}{46,67} \times 100\% \\
&= 0,49 \times 100\% \\
&= 49\%
\end{aligned}$$

3. Massa kering (m_k) = 24,18 g

Massa basah (m_b) = 45,01 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
&= \frac{45,01 - 24,18}{45,01} \times 100\% \\
&= \frac{20,83}{45,01} \times 100\% \\
&= 0,46 \times 100\% \\
&= 46\%
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Daya serap air} &= \frac{47 + 49 + 46}{3} \\
&= \frac{142}{3} \\
&= 47\%
\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 20%

1. Massa kering (m_k) = 22,18 g

Massa basah (m_b) = 46,89 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
&= \frac{46,89 - 22,18}{46,89} \times 100\%
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{24,71}{46,89} \times 100\% \\
&= 0,53 \times 100\% \\
&= 53\%
\end{aligned}$$

2. Massa kering (m_k) = 20,88 g
 Massa basah (m_b) = 46,92 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
&= \frac{46,92 - 20,88}{46,92} \times 100\% \\
&= \frac{26,04}{46,92} \times 100\% \\
&= 0,55 \times 100\% \\
&= 55\%
\end{aligned}$$

3. Massa kering (m_k) = 21,98 g
 Massa basah (m_b) = 47,86 g

Besar nilai daya serap air (P) sampel berdasarkan persamaan (2.3):

$$\begin{aligned}
P &= \frac{m_b - m_k}{m_b} \times 100\% \\
&= \frac{47,86 - 21,98}{47,86} \times 100\% \\
&= \frac{25,88}{47,86} \times 100\% \\
&= 0,54 \times 100\% \\
&= 54\%
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan daya serap air rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Daya serap air} &= \frac{53 + 55 + 54}{3} \\
&= \frac{162}{3} \\
&= 54\%
\end{aligned}$$

LAMPIRAN 6

DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN

Variasi Campuran	Luas (cm ²)	Beban Tekan (kgf)
Normal	5,76	222
	5,76	214
	7,29	237
5%	5,76	130
	5,76	120
	6,25	124
10%	5,76	84
	5,76	80
	5,76	94
15%	6,25	64
	5,76	50
	5,76	54
20%	7,29	18
	5,76	14
	6,76	16

Pengujian kuat tekan batako dilakukan untuk melihat kekuatan atau kemampuan suatu bahan menerima tekanan yang diberikan pada alat Uji Tekan. Nilai kuat tekan yang diperoleh sesuai dengan persamaan (2.4) dan perhitungan kuat tekan dari data lampiran 6 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Untuk variasi campuran normal

1. Beban maksimum (F) = 222 kgf
Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$
$$= \frac{222 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$

$$= 38,54 \text{ kg/cm}^2$$

2. Beban maksimum (F) = 214 kgf

Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$
$$= \frac{214 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$
$$= 37,15 \text{ kg/cm}^2$$

3. Beban maksimum (F) = 237 kgf

Luas bidang permukaan = s x s
= 2,7 x 2,7
= 7,29 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$
$$= \frac{237 \text{ kgf}}{7,29 \text{ cm}^2}$$
$$= 32,51 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat tekan rata-rata} = \frac{38,54 + 37,15 + 32,52}{3}$$
$$= \frac{7108,2}{3}$$
$$= 36,06 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk variasi campuran 5%

1. Beban maksimum (F) = 130 kgf

Luas bidang permukaan = s x s

$$= 2,4 \times 2,4$$

$$= 5,76 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$

$$= \frac{130 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$

$$= 22,57 \text{ kg/cm}^2$$

2. Beban maksimum (F) = 120 kgf

Luas bidang permukaan = s x s

$$= 2,4 \times 2,4$$

$$= 5,76 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$

$$= \frac{120 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$

$$= 20,83 \text{ kg/cm}^2$$

3. Beban maksimum (F) = 124 kgf

Luas bidang permukaan = s x s

$$= 2,5 \times 2,5$$

$$= 6,25 \text{ cm}^2$$

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$

$$= \frac{124 \text{ kgf}}{6,25 \text{ cm}^2}$$

$$= 19,84 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\text{Kuat tekan rata-rata} = \frac{22,57 + 20,83 + 19,84}{3}$$

$$= \frac{63,24}{3}$$

$$= 21,08 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk variasi campuran 10%

1. Beban maksimum (F) = 84 kgf

Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$
$$= \frac{84 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$
$$= 14,58 \text{ kg/cm}^2$$

2. Beban maksimum (F) = 80 kgf

Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$
$$= \frac{80 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$
$$= 13,88 \text{ kg/cm}^2$$

3. Beban maksimum (F) = 94 kgf

Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$P = \frac{F_{maks}}{A}$$
$$= \frac{94 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2}$$
$$= 16,32 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}\text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{14,58 + 13,88 + 16,32}{3} \\ &= \frac{44,78}{3} \\ &= 14,93 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 15%

1. Beban maksimum (F) = 64 kgf
Luas bidang permukaan = s x s
= 2,5 x 2,5
= 6,25 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned}P &= \frac{F_{maks}}{A} \\ &= \frac{64 \text{ kgf}}{6,25 \text{ cm}^2} \\ &= 10,24 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

2. Beban maksimum (F) = 50 kgf
Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned}P &= \frac{F_{maks}}{A} \\ &= \frac{50 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2} \\ &= 8,68 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

3. Beban maksimum (F) = 54 kgf
Luas bidang permukaan = s x s
= 2,4 x 2,4
= 5,76 cm²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} P &= \frac{F_{maks}}{A} \\ &= \frac{54 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2} \\ &= 9,4 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{10,24 + 8,68 + 9,4}{3} \\ &= \frac{28,32}{3} \\ &= 9,44 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 20%

1. Beban maksimum (F)	= 18 kgf
Luas bidang permukaan	= s x s
	= 2,7 x 2,7
	= 7,29 cm ²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} P &= \frac{F_{maks}}{A} \\ &= \frac{18 \text{ kgf}}{7,29 \text{ cm}^2} \\ &= 2,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Beban maksimum (F)	= 14 kgf
Luas bidang permukaan	= s x s
	= 2,4 x 2,4
	= 5,76 cm ²

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} P &= \frac{F_{maks}}{A} \\ &= \frac{14 \text{ kgf}}{5,76 \text{ cm}^2} \\ &= 2,43 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Beban maksimum (F)} &= 16 \text{ kgf} \\
 \text{Luas bidang permukaan} &= s \times s \\
 &= 2,6 \times 2,6 \\
 &= 6,76 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Besar kekuatan tekan (P) sampel berdasarkan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{F_{maks}}{A} \\
 &= \frac{16 \text{ kgf}}{6,76 \text{ cm}^2} \\
 &= 2,4 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat tekan rata-rata:

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan rata-rata} &= \frac{2,5 + 2,43 + 2,4}{3} \\
 &= \frac{7,33}{3} \\
 &= 2,44 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN 7

DATA PENGUJIAN KUAT PATAH

Variasi Campuran	Jarak penumpu (cm)	Gaya yang Mematahkan (kg)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
Normal	4,3	42	2,6	2,6
		38	2,7	2,7
		38	2,7	2,7
5%	4,3	54	2,7	2,7
		58	2,7	2,7
		50	2,8	2,8
10%	4,3	50	2,4	2,4
		50	2,6	2,6
		50	2,6	2,6
15%	4,3	52	2,7	2,7
		44	2,7	2,7
		50	2,6	2,6
20%	4,3	50	2,8	2,8
		48	2,8	2,8
		48	2,9	2,9

Pengujian kuat patah sampel batako dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Besar nilai kuat patah diperoleh sesuai dengan persamaan (2.5) dan perhitungan kuat patah dari data lampiran 7 adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Untuk variasi campuran normal

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 42 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,6 cm
Tebal benda uji (h) = 2,6 cm

Besar kuat patah (B_s) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.42.4,3}{2.2,6(2,6)^2} \\ &= \frac{541,8}{35,15} \end{aligned}$$

$$= 15,4 \text{ kg/cm}^2$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 38 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,7 cm
Tebal benda uji (h) = 2,7 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.38.4,3}{2.2,7(2,7)^2} \\ &= \frac{490,2}{39,4} \\ &= 12,44 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 38 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,7 ccm
Tebal benda uji (h) = 2,7 m

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.38.4,3}{2.2,7(2,7)^2} \\ &= \frac{490,2}{39,4} \\ &= 12,44 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{15,4 + 12,44 + 12,44}{3} \\ &= \frac{40,28}{3} \\ &= 13,43 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 5%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 54 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm

Lebar benda uji (b) = 2,7 cm

Tebal benda uji (h) = 2,7 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.54.4,3}{2.2,7(2,7)^2} \\ &= \frac{696,6}{39,4} \\ &= 17,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 58 kgf

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm

Lebar benda uji (b) = 2,7 cm

Tebal benda uji (h) = 2,7 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.58.4,3}{2.2,7(2,7)^2} \\ &= \frac{748,2}{39,4} \\ &= 18,9 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 50 kgf

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm

Lebar benda uji (b) = 2,8 cm

Tebal benda uji (h) = 2,8 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.5.4,3}{2.2,8(2,8)^2} \\ &= \frac{645}{43,7} \\ &= 14,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{17,7 + 18,9 + 14,8}{3} \\ &= \frac{51,4}{3} \\ &= 17,13 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 10%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 50 kgf
- Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
- Lebar benda uji (b) = 2,4 cm
- Tebal benda uji (h) = 2,4 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.50.4,3}{2.2,4(2,4)^2} \\ &= \frac{645}{27,64} \\ &= 23,33 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 50 kgf
- Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
- Lebar benda uji (b) = 2,6 cm
- Tebal benda uji (h) = 2,6 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.50.4,3}{2.2,6(2,6)^2} \\ &= \frac{645}{35,15} \\ &= 18,35 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 50 kgf
- Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
- Lebar benda uji (b) = 2,6 cm
- Tebal benda uji (h) = 2,6 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.50.4,3}{2.2,6(2,6)^2} \\ &= \frac{645}{35,15} \\ &= 18,35 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{23,33 + 18,35 + 18,35}{3} \\ &= \frac{60,03}{3} \\ &= 20,01 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 15%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 52 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,7 cm
Tebal benda uji (h) = 2,7 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.52.4,3}{2.2,7(2,7)^2} \\ &= \frac{670,8}{39,4} \\ &= 17,03 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 44 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,7 cm
Tebal benda uji (h) = 2,7 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$B_s = \frac{3.P.L}{2b.h^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3.44.4,3}{2.2,7(2,7)^2} \\
&= \frac{567,6}{39,4} \\
&= 14,40 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 50 kgf

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm

Lebar benda uji (b) = 2,6 cm

Tebal benda uji (h) = 2,6 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned}
B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\
&= \frac{3.50.4,3}{2.2,6(2,6)^2} \\
&= \frac{645}{35,15} \\
&= 18,35 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned}
\text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{17,03 + 14,40 + 18,35}{3} \\
&= \frac{49,78}{3} \\
&= 16,6 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Untuk variasi campuran 20%

1. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 50 kgf

Jarak penumpu (L) = 4,3 cm

Lebar benda uji (b) = 2,8 cm

Tebal benda uji (h) = 2,8 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned}
B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\
&= \frac{3.50.4,3}{2.2,8(2,8)^2} \\
&= \frac{645}{43,7}
\end{aligned}$$

$$= 14,76 \text{ kg/cm}^2$$

2. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 48 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,8 cm
Tebal benda uji (h) = 2,8 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.48.4,3}{2.2,8(2,8)^2} \\ &= \frac{619,2}{43,7} \\ &= 14,17 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

3. Gaya yang mematahkan benda uji (P) = 48 kgf
Jarak penumpu (L) = 4,3 cm
Lebar benda uji (b) = 2,9 cm
Tebal benda uji (h) = 2,9 cm

Besar kuat patah (Bs) sampel berdasarkan persamaan (2.5):

$$\begin{aligned} B_s &= \frac{3.P.L}{2b.h^2} \\ &= \frac{3.48.4,3}{2.2,9(2,9)^2} \\ &= \frac{619,2}{48,78} \\ &= 12,7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kuat patah rata-rata:

$$\begin{aligned} \text{Kuat patah rata-rata} &= \frac{14,76 + 14,17 + 12,7}{3} \\ &= \frac{41,63}{3} \\ &= 13,9 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

SNI 03 – 2847 - 2002

SNI STANDAR NASIONAL INDONESIA

**Tata Cara Perhitungan Struktur Beton
Untuk Bangunan Gedung
(Beta Version)**

Bandung, Desember 2002

3.12**beton**

campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat

3.13**beton bertulang**

beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja

3.14**beton-normal**

beton yang mempunyai berat satuan 2 200 kg/m³ sampai 2 500 kg/m³ dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah

3.15**beton polos**

beton tanpa tulangan atau mempunyai tulangan tetapi kurang dari ketentuan minimum

3.16**beton pracetak**

elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi bangunan

3.17**beton prategang**

beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja