

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PEMBUATAN BATAKO DENGAN
LIMBAH BATU BATA LUBUK PAKAM**

SKRIPSI

OLEH:

**NAYUNDA
178110004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/5/24

Access From (repository.uma.ac.id)27/5/24

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PEMBUATAN BATAKO DENGAN
LIMBAH BATU BATA LUBUK PAKAM**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

OLEH:

**Nayunda
178110004**

PROGRAM STUDI TEKNIK 1SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2023

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/5/24

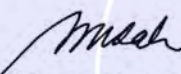
Access From (repository.uma.ac.id)27/5/24

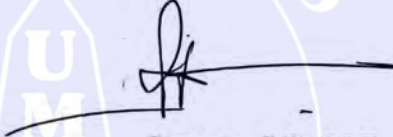
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Kajian Eksperimental Pembuatan Batako dengan Limbah Batu
Bata Lubuk Pakam.
Nama : Nayunda
Npm : 178110004
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing


Ir. Nurmaidah, M.T
Pembimbing I


Suranto, S.T., M.T
Pembimbing II

Mengetahui,


Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T
Dekan


Tita Ermita Wulanlari, S.T., M.T
Ka. Program Studi

Tanggal Lulus : 23 Mei 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 23 mei 2023



Nayunda

178110004

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nayunda
NPM : 178110004
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non Exclusive Royalty Free-Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : KAJIAN EKSPERIMENTAL PEMBUATAN BATAKO DENGAN LIMBAH BATU BATA LUBUK PAKAM. Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 23 Mei 2023

Yang menyatakan



(Nayunda)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 22-Oktober-1998 dari Ayah Sudar Maji dan Ibu Siti Minarni, penulis merupakan putri ke 4 dari 5 bersaudara. Tahun 2016 Penulis lulus dari SMK NEGERI 9 MEDAN dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Proyek Pembangunan Waruna Nusa Sentana.

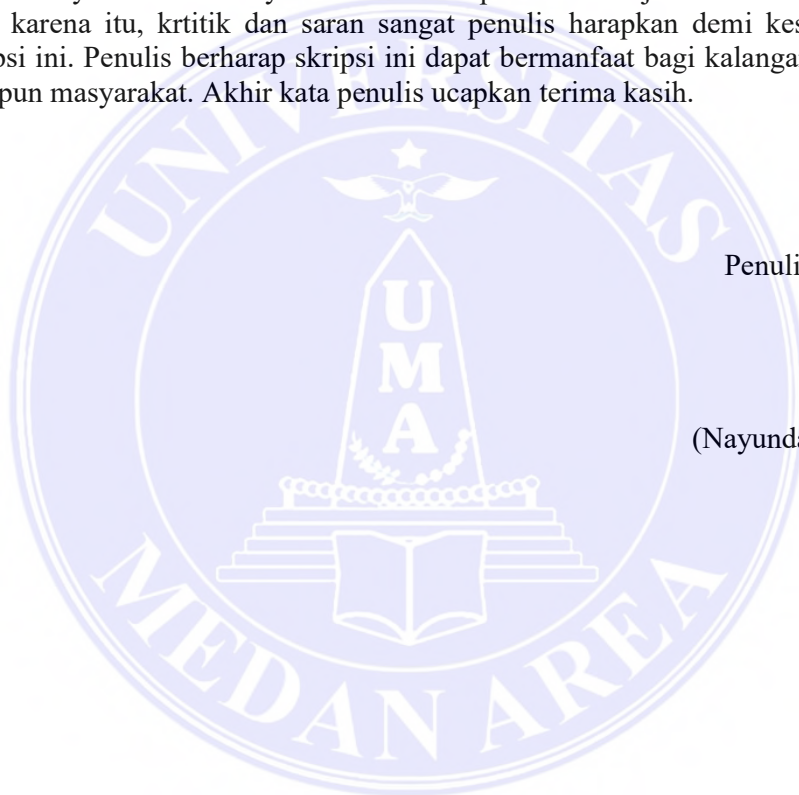


KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas segala karunia-Nya sehingga Skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam skripsi ini ialah pembuatan batako dengan judul **“KAJIAN EKSPERIMENTAL PEMBUATAN BATAKO DENGAN LIMBAH BATU BATA LUBUK PAKAM”** Terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Ir, Nurmaidah, M.T. dan pak Suranto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing dan Ibu Tika Ermita Wulandari, S.T., M.T. selaku Ka. Prodi Teknik Sipil yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Nayunda dan Hamdani yang telah banyak membantu penulis selama penyusunan skripsi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademik maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

(Nayunda)



ABSTRAK

Di Indonesia, penambahan penduduk semakin meningkat dari tahun ke tahun. Seiring meningkatnya penambahan penduduk, maka kebutuhan akan pembangunan juga ikut meningkat. Dengan Semakin banyaknya pembangunan, maka kebutuhan bata sebagai penyusun dinding juga meningkat. Oleh karena itu, perlu adanya metode baru untuk pembangunan yang lebih memadai dan lebih ekonomis dengan kualitas yang maksimal. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental. Metode penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu percobaan/pengujian untuk mendapatkan data atau hasil, guna meneliti, serta mempelajari dan menganalisis penelitian uji kuat tekan beton dilaboratorium. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan batako didapat nilai kuat tekan batako dengan penambahan limbah batu bata terjadi penurunan kuat tekan. Besarnya kekuatan pemadatan juga berpengaruh terhadap kuat tekan batako. Semakin rendah kekuatan pemadatannya maka kuat tekan batako semakin menurun, hal ini disebabkan karena rongga dalam batako yang kosong. Dengan pemadatan yang besar maka kuat tekan batako akan bertambah, karena rongga-rongga akan terisi. Dari hasil pengujian dimana kuat tekan yang dihasilkan dari batako tanpa campuran limbah batu bata adalah 100,27 Kg/cm², sedangkan hasil dari batako yang dicampur dengan limbah batu bata mengalami penurunan. Dari hasil pengujian kuat tekan batako dengan penambahan limbah batu bata yaitu 10% 27,07 Kg/cm², 25% 21,87 Kg/cm² dan 35% 19,86 Kg/cm². Batako dengan campuran limbah batu bata mengalami penurunan kuat tekan tetapi tetap termasuk mutu yang baik dan layak digunakan.

Kata Kunci: Limbah, Batako, Kuat Tekan.

ABSTRACT

In Indonesia, population growth is increasing from year to year. As the population increases, the need for development also increases. With more and more development, the need for bricks as a constituent of walls also increases. Therefore, there is a need for a new method for development that is more adequate and more economical with maximum quality. In this study the method used was experimental research method. The experimental research method is research conducted by conducting an experiment/test to obtain data or results, in order to research, as well as study and analyze concrete compressive strength test research in laboratories. compressive strength occurs. The amount of compaction strength also affects the compressive strength of the bricks. The lower the compaction strength, the compressive strength of the bricks decreases, this is due to the voids in the bricks being empty. With a large compaction, the compressive strength of the brick will increase, because the cavities will be filled. From the test results where the compressive strength produced from bricks without a mixture of brick waste was 100,27 Kg/cm², while the results of bricks mixed with waste bricks decreased. From the results of the compressive strength test of bricks with the addition of brick waste, namely 10% 27,07 Kg/cm², 25% 21,87 Kg/cm² dan 35% 19,86 Kg/cm². Bricks with a mixture of brick waste experienced a decrease in compressive strength but remained including good quality and suitable for use.

Keywords: Waste, Bricks, Compressive Strength.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Lingkup Penelitian	3
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Review Penelitian Terdahulu	5
2.2 Dasar Teori Batako	7
2.2.1 Keuntungan Menggunakan Batako	15
2.2.2 Kerugian Menggunakan Batako	16
2.3 Limbah	16
2.3.1 Jenis Limbah Berdasarkan Wujudnya	17
2.3.2 Jenis Limbah Berdasarkan Senyawanya	19
2.3.3 Karakteristik Limbah	20
2.3.4 Limbah Batu Bara	20
2.4 Material Penyusun Batako	21
2.4.1 Semen Portland	21
2.4.2 Pasir (Agregat Halus)	26
2.4.3 Air	31
2.5 Metode Pengujian Batako	33
2.5.1 Kuat Tekan Beton	36
2.5.2 Kuat Tekan Mutu Ringan	37
2.6 Kuat Tekan Mutu Tinggi	39
BAB III METODE PENELITIAN	44
3.1 Lokasi Penelitian	44
3.2 Pembuatan dan Perawatan Batako	44
3.2.1 Persiapan Pembuatan Batako	45
3.2.2 Pembuatan dan Perawatan Batako	45
3.3 Metodologi Penelitian	47
3.4 Bagan Alir Penelitian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Penelitian	49
4.1.1 Agregat Halus	49

4.1.2 Semen.....	54
4.1.3 Air	55
4.1.4 Limbah Batu Bata	55
4.2 Perencanaan Campuran Batako (<i>Mix Design</i>).....	56
4.3 Kuat Tekan Beton.....	58
4.4 Pembahasan	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	67



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Ukuran dan Toleransi.....	14
Tabel 2 Syarat Fisis Batako	14
Tabel 3 Tabel Susunan Unsur-Unsur Semen.	24
Tabel 4 Gradasi Pasir	30
Tabel 5 Gradasi Pasir	51
Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Ayakan Agregat Halus	52
Tabel 7 Hasil Perhitungan Agregat.....	58
Tabel 8 Hasil Uji Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Batu Bata 0%.....	59
Tabel 9 Hasil Uji Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Batu Bata 10%.....	59
Tabel 10 Hasil Uji Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Batu Bata 25%.....	60
Tabel 11 Hasil Uji Kuat Tekan Batako Dengan Limbah Batu Bata 35%.....	60
Tabel 12 Penggolongan Mutu Batako Tiap Variasi.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Batako Semen/Batako Press.....	9
Gambar 2 Batako Putih (<i>Trass</i>)	10
Gambar 3 Batako Ringan.....	10
Gambar 4 Batako Pejal	11
Gambar 5 Batako Berlubang.....	12
Gambar 6 Semen Portland	22
Gambar 7 Pasir (Agregat Halus).....	27
Gambar 8 Alat Uji Kuat Tekan	47
Gambar 9 Proses Pencucian Agregat Halus.....	49
Gambar 10 Proses Pengeringan Agregat Halus	50
Gambar 11 Saringan Agregat Halus	50
Gambar 13 Seive Shaker (Mesin Penyaring Agregat).....	53
Gambar 14 Grafik Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	54
Gambar 15 Semen.....	54
Gambar 16 Limbah Batu Bata	55
Gambar 17 Pengujian Kuat Tekan.....	59

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, penambahan penduduk semakin meningkat dari tahun ke tahun. Seiring meningkatnya penambahan penduduk, maka kebutuhan akan pembangunan juga ikut meningkat. Dengan Semakin banyaknya pembangunan, maka kebutuhan bata sebagai penyusun dinding juga meningkat. Oleh karena itu, perlu adanya metode baru untuk pembangunan yang lebih memadai dan lebih ekonomis dengan kualitas yang maksimal.

Salah satunya adalah bata beton atau batako yaitu material bangunan untuk pembuatan dinding sebagai pengganti batu bata. Batako merupakan salah satu alternatif bahan dinding yang relatif kuat. Batako terbuat dari campuran pasir, semen dan air yang dipress dengan ukuran standart. Dalam pembuatan batako tidak memerlukan proses pembakaran seperti pembuatan batu bata merah. Maka secara tidak langsung kebutuhan batako akan meningkat seiring dengan majunya pembangunan perumahan. Sejalan dengan pesatnya pembangunan perumahan, maka sangat jelas kebutuhan untuk bahan bangunan akan semakin meningkat. Batako tidak dibuat dari tanah liat seperti bata merah, tapi dengan campuran pasir, semen, dan air. Namun, pembuatan bata beton dengan campuran tersebut sudah biasa. Semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan pembangunan, maka diperlukan inovasi baru mengenai material bangunan yang murah dan hemat dengan kualitas maksimal dan memenuhi standar kekuatan bata beton untuk dinding.

Inovasi pada material pembentuk batako dapat dilakukan dengan cara mensubstitusikan bahan-bahan pengganti, baik agregat atau bahan yang lainnya dengan cara memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita. Salah satu limbah yang bisa dimanfaatkan di sekitar kita yaitu limbah batu bata. limbah batu bata pada umumnya hanya digunakan sebagai timbunan jalan berlubang, bahkan kadang hanya dibiarkan begitu saja. Limbah batu bata merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari perenofasian rumah, gedung ataupun berasal dari pabrik batu bata yang dimana batu bata dapat rusak dikarenakan pada sekali proses pembakaran batu bata ditumpuk dalam jumlah yang banyak dengan kisaran 50.000-70.000 batu bata.

Dalam pembuatan batako tidak memerlukan proses pembakaran seperti pembuatan batu bata merah. Batako termasuk bahan penyusun dinding yang bersifat non struktural. Meskipun sifatnya hanya bagian non struktural dari bangunan bukan berarti batako tidak memiliki standar kekuatan dan toleransi yang harus dipenuhi, karena dalam penggunaannya batako dengan mutu tertentu dapat dipakai dalam konstruksi yang memikul beban. Terdapat batasan-batasan tertentu sebagai persyaratan pada batako agar dalam penggunaannya, batako memiliki ketahanan dari berbagai macam pengaruh baik pengaruh secara langsung ataupun tidak langsung seperti ketentuan di dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989).

Oleh karena itu, peneliti berinisiatif menggunakan limbah bata merah sebagai bahan campuran dalam pembuatan batako. Dalam hal ini, peneliti ingin mendapatkan campuran atau komposisi yang optimal agar dapat menghasilkan batako yang memenuhi persyaratan serta menghasilkan batako yang baik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas terdapat beberapa rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah batu bata sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan batako terhadap kuat tekan batako?
2. Apakah penggunaan limbah batu bata layak digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan batako?

1.3 Lingkup Penelitian

Untuk menjaga agar pembahasan materi dalam tugas akhir ini lebih terarah penulis menetapkan ruang lingkup penulisan sebagai berikut:

1. Limbah Batu bata yang digunakan berasal dari limbah pabrik.
2. Persentase penambahan limbah batu bata yaitu 10%, 25%, dan 35%.
3. Pengujian kuat tekan batako dilakukan saat umur rencana 14 hari dengan jumlah sampel sebanyak 15 benda uji.
4. Ukuran cetakan yang digunakan adalah 30cmx15cmx10cm.
5. Pembuatan batako dilakukan secara manual.

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

1. Maksud dari penelitian ini adalah sebagai salah satu ilmu untuk pengembangan teknologi bahan konstruksi dan penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu cara untuk memanfaatkan potensi limbah yang ada.
2. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penggunaan limbah batu bata efektif sebagai bahan pengganti semen pada campuran batako.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai sarana ilmu pengetahuan atau salah satu wawasan untuk pengembangan teknologi bahan konstruksi dengan menggunakan limbah batu bata untuk pembuatan batako.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Review Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang mungkin memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Penelitian terdahulu juga menjadi salah satu bahan pertimbangan sehingga dapat memberi referensi dalam menuli ataupun mengkaji penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penelitian yang menjadi acuan dan referensi peneliti dalam melakukan penelitian:

Dedi Irawan (2020), dengan judul “Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Bahan Campuran Terhadap Sifat Mekanik Batako”. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan. Universitas Muhammadiyah Mataram. Dengan kesimpulan sebagai berikut: Pengujian terhadap kuat tekan batako untuk variasi penambahan limbah bata merah 30% mempunyai nilai kuat tekan 81,2 kg/cm² lebih besar dari pada kuat tekan untuk variasi bahan tambah penambahan limbah bata merah 0%; 15%, 45%, dan 60%. Pengujian terhadap kuat tarik belah batako untuk variasi penambahan limbah bata merah 30% mempunyai nilai kuat tekan 2,72 kg/cm² lebih besar dari pada kuat tarik belah untuk variasi bahan tambah penambahan limbah bata merah 0%; 15%, 45%, dan 60%. Semakin besar penambahan limbah bata merah, maka daya serap air semakin tinggi.

Ibnu Dwiki Permana (2017), dengan judul “Pemanfaatan Limbah *Gypsum Board* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako” Penelitian ini dilakukan di Pabrik Batako Sherlyn Jalan Mustika Sari II, Bekasi. Sedangkan untuk uji kuat tekan dilakukan di Laboratorium Penelitian Uji Bahan

Teknik Sipil Universitas Negeri Jakarta yang bertempat di Jalan Rawamangun Muka, Jakarta Timur. Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka metode yang digunakan adalah metode eksperimen di laboratorium dengan uji batako berlubang yang menggunakan limbah *gypsum board* sebagai pengganti sebagian semen dengan komposisi 0% sebagai kontrol, 15%, 20%, 25% dan 30% dari berat semen. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai kuat tekan optimum batako berlubang, yaitu pada komposisi campuran serbuk *gypsum* sebagai pengganti sebagian semen dengan persentase sebesar 25 % dengan nilai kuat tekan rata-rata 57,29 kg/cm² termasuk dalam kategori mutu kelas II dan mendapatkan hasil pengujian daya serap air sebesar 2,74% termasuk dalam kategori mutu kelas I menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

Rizky Dian Anggakusuma (2014), dengan skripsi berjudul “Kuat Tekan Batako Dengan Penambahan Semen Merah Dari Limbah Gerabah”. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen merah dari limbah gerabah terhadap kuat tekan, daya serap air, ukuran pada batako, dan kondisi visual permukaan batako. Benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 20 cm untuk pengujian visual dan kuat tekan, sedangkan benda uji untuk pengujian daya serap air berukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 20 cm. Benda uji berjumlah 5 buah untuk masing-masing variasi persentase semen merah dari limbah gerabah. Penambahan semen merah dari limbah gerabah sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen. Pengujian menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*) pada umur batako 28 hari. Dari hasil pengujian nilai kuat tekan dengan persentase penambahan semen merah dari limbah gerabah sebesar 0%, 5%,

10%, 15%, dan 20% adalah 25.47 kg/cm², 36.43 kg/cm², 37.81 kg/cm², 31.85 kg/cm², dan 27.27 kg/cm² yang memenuhi kriteria persyaratan bata beton pejal IV, di mana kadar penambahan semen merah yang optimum adalah sebesar 9.98% dengan kuat tekan yang dihasilkan adalah 37.33 kg/cm².

2.2 Dasar Teori Batako

Menurut SNI 03-0349-1989, bata beton adalah komponen bangunan yang terbuat dari campuran semen, pasir, air, atau material tambahan lain, yang dicetak sesuai dengan syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk konstruksi dinding. Bata beton untuk dinding atau batako adalah bata yang dibuat dengan mencetak dan memelihara dalam kondisi lembab (Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, 1982 pasal 6). Bata beton (batako) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan hidrolis sejenisnya, air, dan agregat dengan atau tanpa tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu sendiri. Bata beton dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat warna pada komposisinya dan digunakan untuk dinding pada struktur bangunan

Batako yang baik adalah yang mempunyai permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Agar didapat mutu batako yang berkualitas, banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi kualitas batako tergantung pada faktor air semen, umur batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, kekuatan agregat, dan lain-lain. Mutu batako akan bertambah tinggi seiring bertambahnya umur batako. Selain itu, kekuatan batako juga dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Dalam pembuatan batako diusahakan campuran dibuat sepadat mungkin. Hal ini memungkinkan untuk

menjadikan bahan semakin mengikat, serta untuk membantu merekatnya bahan pembuat batako dengan semen yang dibantu oleh air (Armendariz, 2015).

Batako adalah tumpukan balok secara sistematis, berbentuk persegi panjang, sebagian besar digunakan untuk membangun dinding yang kaku. Pada umumnya, jenis batako ini terbuat dari beton atau tanah liat matang. Mereka ideal untuk membangun pagar dan memberikan tampilan yang apik dan estetik. Sementara beberapa produsen menggunakan semen dan agregat untuk membuat balok-balok ini, yang lain menggunakan beton padat. Berdasarkan kebutuhan penggunaannya, kita dapat mencampur bahan lain ke dalam batako untuk menghasilkan batako dengan warna tertentu.

Batako adalah bahan konstruksi berupa bata cetak yang terbuat dari bahan utama semen, air, dan pasir. Campuran ketiga bahan utama pembuatan batako tersebut biasa disebut dengan mortar. Perbandingan komposisi batako yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum tahun 1986 adalah 75% pasir, 20% semen, dan 5% air. Batako umumnya banyak digunakan di bidang konstruksi dalam pembangunan gedung, rumah, jalan, jembatan, dan lain-lain. Karakteristik batako yang umum ada di pasaran memiliki kuat tekan bervariasi dari 3-50 MPa. Batako difokuskan sebagai konstruksi-konstruksi dinding bangunan non struktural. Batako yang baik adalah yang mempunyai permukaannya rata dan saling tegak lurus serta mempunyai kuat tekan yang tinggi. Agar didapat mutu batako yang berkualitas, banyak faktor yang mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi kualitas batako tergantung pada faktor air semen, umur batako, kepadatan batako, bentuk tekstur batuan, ukuran agregat, kekuatan agregat, dan lain-lain.

Mutu batako akan bertambah tinggi seiring bertambahnya umur batako. Oleh karena itu sebagai standar kekuatan batako dipakai kekuatan pada umur batako 28 hari. Selain itu, kekuatan batako juga dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya. Dalam pembuatan batako diusahakan campuran dibuat sepadat mungkin. Hal ini memungkinkan untuk menjadikan bahan semakin mengikat, serta untuk membantu merekatnya bahan pembuat batako dengan semen yang dibantu oleh air.

Ditinjau dari bahan pembuatannya, batako dikelompokkan ke dalam tiga jenis yaitu batako semen/batako press, batako putih (*trass*), bata ringan.

1. Batako Semen/Batako Press



Gambar 1 Batako Semen/Batako Press (Tjokrodiluljo, K., 1992)

Batako semen/ batako press dibuat dari campuran semen dan pasir atau abu batu. Batako jenis ini biasanya dibuat secara manual (menggunakan tangan) dan ada juga yang menggunakan mesin. Perbedaannya dapat dilihat pada kepadatan batako. Batako ini umumnya memiliki panjang 30-40 cm dan tinggi 15-20 cm.

2. Batako Putih (*Trass*)



Gambar 2 Batako Putih/Trass (Tjokrodumuljo, K., 1992)

Batako putih dibuat dari campuran tras, batu kapur, dan air. Tras merupakan jenis tanah berwarna putih/putih kecoklatan yang berasal dari pelapukan batubatu dari gunung berapi. Batako jenis ini umumnya memiliki ukuran panjang 25-30 cm, tebal 10 cm, dan tinggi 14-18 cm.

3. Batako Ringan



Gambar 3 Batako Ringan (Tjokrodumuljo, K., 1992)

Bata ringan dibuat dari bahan batu pasir kurasa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Umumnya bata ringan memiliki berat jenis sebesar 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan. Menurut SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding dibedakan menjadi dua jenis yaitu bata beton pejal dan bata beton berlubang.

a. Batako Ringan

Batako atau Bata beton pejal adalah bata yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau semacamnya yang akan ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan penambah lainnya. Bata beton pejal memiliki penampang 75% atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya.

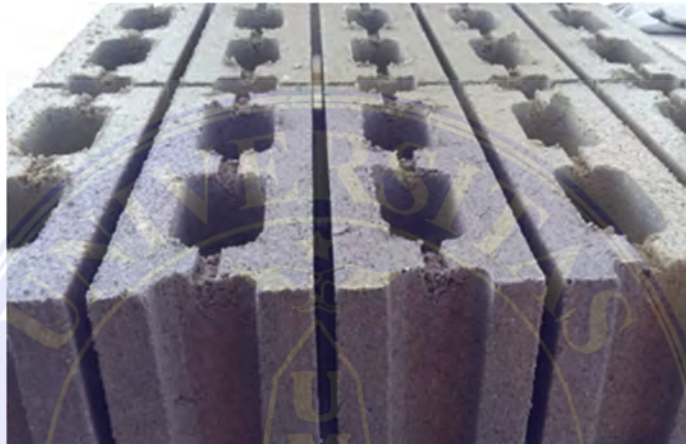


Gambar 4 Batako Pejal (Tjokrodimuljo, K., 1992)

b. Batako Berlubang

Batako atau Bata beton berlubang bahan penyusunnya sama dengan bata beton pejal yaitu terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis yang akan ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan penambah lainnya. Namun yang membedakan bata beton berlubang dengan bata beton pejal adalah luas penampangnya. Bata beton pejal memiliki luas penampang lubang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25% volume bata seluruhnya.

Bata ringan dibuat dari bahan batu pasir kurasa, kapur, semen, dan bahan lain yang dikategorikan sebagai bahan-bahan untuk beton ringan. Umumnya bata ringan memiliki berat jenis sebesar 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batasan atas dari beton ringan.



Gambar 5 Batako Berlubang (Tjokrodumuljo, K., 1992)

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, syarat mutu yang harus dipenuhi batako antara lain:

- 1) Bidang Permukaannya tidak boleh cacat.
- 2) Bentuk permukaan lain yang didesain, diperbolehkan
- 3) Rusuk – rusuknya siku terhadap yang lain
- 4) Sudut rusuknya tidak mudah dirapihkan dengan kekuatan jari

Sebagai bahan penyusun dinding, batako memiliki fakta sebagai berikut:

- 1) Secara visual, batako memiliki ukuran yang jauh lebih besar dari bata merah. Meski demikian, batako justru memiliki bobot berat yang lebih ringan dengan berat hanya sepertiga dari berat pemakaian bata merah untuk luas yang sama.

- 2) Proses pengerjaan dinding batako 4 kali lebih cepat daripada bata merah sehingga dapat menghemat waktu dan biaya yang dikeluarkan alias ekonomis.
- 3) Memiliki fitur kedap suara atau kemampuan meredam suara yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan.
- 4) Meski dapat diaplikasikan dengan cepat, bukan berarti pengerjaan dinding batako dilakukan dengan asal-asalan. Pemasangan batako yang benar harus dibuat sesuai standar dan memenuhi persyaratan pembuatan beton agar hasilnya rapi dan kuat.
- 5) Memiliki kecenderungan mengantarkan panas pada ruangan, maka sebisa mungkin hindari pemasangan dinding batako pada rumah di daerah tropis karena batako memiliki kemampuan meredam panas yang rendah.
- 6) Permukaan batako yang rata memudahkan pengerjaan plester dan cat pada dinding. Hindari penggunaan batako dengan cara diekspos, karena tampilan visual batako kurang menarik jika diekspos.
- 7) Batako cenderung mudah rapuh dan retak. Banyak kasus dinding batako mengalami keretakan adalah karena pilihan jenis batako yang digunakan. Hindari penggunaan batako berlubang untuk area interior karena batako.

Meski tergolong cukup kuat, penggunaan batako umumnya hanya dipergunakan sebagai dinding non struktural yang tidak menanggung beban berat.

Menurut SNI-03-0349-1989, syarat mutu bata beton (batako) sebagai berikut:

1) Pandangan Luar

Bidang permukaan tidak cacat, tidak retak, bentuk permukaan bervariasi, rusuk harus siku, sudut rusuk tidak mudah dirapikan dengan tangan.

2) Ukuran dan Toleransi

Ukuran bata beton harus sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1 Ukuran dan Toleransi (SNI-03-0349-1989)

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

3) Syarat Fisis

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding, syarat – syarat fisis harus sesuai dengan tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Syarat Fisis Batako (SNI-03-0349-1989)

Syarat fisis	Satuan	Tingkat Mutu Batako Pejal				Tingkat Mutu Batako Berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata min.	Kg/m ²	100	70	40	25	70	50	35	20

Kuat tekan bruto masing- masing benda uji min.	Kg/m ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimal	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Dari SNI-03-0349-1989, batako (bata beton) dapat dibedakan berdasarkan tingkat mutunya, yaitu:

1. Tingkat mutu I, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap).
2. Tingkat mutu II, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (dibawah atap).
3. Tingkat mutu III, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari, tetapi permukaan dinding dari bata beton boleh tidak di plester (dibawah atap).
4. Tingkat mutu IV, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (harus diplester dan dibawah atap).

2.2.1 Keuntungan Menggunakan Batako

Adapun keuntungan dari penggunaan batako adalah sebagai berikut:

- a. Dalam pelaksanaan mudah, karena tidak perlu memerlukan keahlian khusus serta tidak perlu menggunakan alat berat dalam pemasangannya.

- b. Dapat diproduksi secara massal, untuk mendapat mutu yang tinggi dibutuhkan tekanan pada saat percetakan.
- c. Pemeliharaannya mudah dan murah, karena dapat dipasang kembali saat dibongkar jika terjadi kesalahan pada salah satu batako yang rusak.
- d. Tahan terhadap beban vertikal yang disebabkan oleh beban seperti struktur kuda-kuda atap.
- e. Pada saat mengerjakan tidak menimbulkan kebisingan dan gangguan debu.
- f. Mempunyai nilai estetika yang unik terutama jika didesain dengan bentuk dan warna yang indah.

2.2.2 Kerugian Menggunakan Batako

Adapun kerugian dari penggunaan batako adalah sebagai berikut:

- a. Waktu membuat batako sebelum memakainya cukup lama karena proses pengerasannya membutuhkan waktu 3 minggu.
- b. Bila diinginkan lebih cepat mengeras perlu ditambah dengan semen, sehingga menambah biaya pembuatan.
- c. Pada pengangkutan resiko terjadinya batako pecah cukup besar, karena proses pengerasannya cukup lama dan ukurannya cukup besar.

2.3 Limbah

Secara umum, pengertian limbah adalah buangan atau material sisa yang dianggap tidak memiliki nilai yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga). Ada juga yang mengatakan limbah adalah semua material sisa atau buangan yang berasal dari proses teknologi maupun dari proses alam dimana kehadirannya tidak bermanfaat bagi lingkungan dan tidak memiliki nilai ekonomis. Pada dasarnya berbagai jenis limbah dihasilkan oleh

kegiatan manusia, baik itu kegiatan industri maupun domestik (rumah tangga) dan berdampak buruk terhadap lingkungan dan juga bagi kesehatan manusia.

Agar lebih memahami apa defenisi limbah, maka kita bisa merujuk kepada pendapat beberapa berikut ini:

1. Limbah adalah sisa atau hasil sampingan dari kegiatan manusia dalam upaya memenuhi kebutuhan. Susilowarno, (2007).
2. Limbah adalah bahan yang dibuang/terbuang dari hasil aktivitas manusia atau berbagai proses alam, dan tidak memiliki nilai ekonomi, bahkan dapat merugikan manusia. Hieronymus Budi Santoso, (2010).
3. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi, baik industri maupun domestik (rumah tangga), dimana kehadirannya dapat menurunkan kualitas lingkungan. Deden Abdurahman, (2008).
4. Limbah adalah sisa atau sampah dari suatu proses kegiatan manusia yang dapat menjadi bahan polutan di suatu lingkungan (2007).
5. Limbah adalah semua limbah cair rumah tangga, termasuk air kotor dan semua limbah industri yang dibuang ke sistem saluran limbah cair, kecuali air hujan atau drainase permukaan (1875).

2.3.1 Jenis Limbah Berdasarkan Wujudnya

a. Limbah Padat

Limbah padat adalah limbah yang bentuknya padat dan berasal dari sisa hasil kegiatan domestik atau aktivitas industri. Contoh-contoh limbah padat, seperti kertas, serbuk besi, kain, plastik, kayu-kayuan, dan serbuk besi. Limbah padat dapat diklasifikasikan menjadi enam bagian, yaitu sampah organik mudah busuk (*garbage*), sampah anorganik dan organik tidak

membusuk (*rubbish*), sampah abu (*ashes*), sampah bangkai binatang (*dead animal*), sampah sapuan (*street sweeping*), dan sampah industri (*industrial waste*).

b. Limbah Cair

Limbah cair adalah limbah yang bentuknya cair dan berasal dari sisa-sisa hasil buangan kegiatan domestik atau proses produksi. Limbah cair itu sendiri berupa air yang sudah tercampur atau tersuspensi dengan bahan-bahan buangan hasil dari sisa-sisa produksi. Limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu limbah cair domestik (*domestic wastewater*), limbah cair industri (*industrial wastewater*), rembesan dan luapan (*infiltration and inflow*), dan air hujan (*storm water*).

c. Limbah Gas

Limbah gas adalah limbah yang dimana udara sebagai medianya.. Semakin banyak limbah gas yang naik ke udara, maka kualitas udara semakin menurun. Bahkan, limbah gas yang dibiarkan di udara bisa membuat kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya terganggu. Limbah gas itu sendiri bisa berasal dari asap kendaraan bermotor, asap kebakaran hutan, asap pabrik, dan lain lain.

Limbah gas adalah limbah yang dimana udara sebagai medianya.. Semakin banyak limbah gas yang naik ke udara, maka kualitas udara semakin menurun. Bahkan, limbah gas yang dibiarkan di udara bisa membuat kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya terganggu. Limbah gas itu sendiri bisa berasal dari asap kendaraan bermotor, asap kebakaran hutan, asap pabrik, dan lain lain.

2.3.2 Jenis Limbah Berdasarkan Senyawanya

a. Limbah Organik

Limbah organik adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup yang mudah diuraikan secara alami dan mudah membusuk. Contoh-contoh dari limbah organik, seperti dedaunan yang jatuh ke tanah, rumput, sisa-sisa makanan, kulit sayur-sayuran dan buah-buahan, kotoran manusia dan kotoran hewan, dan tulang-tulang hewan.

b. Limbah Anorganik

Limbah anorganik adalah limbah yang berasal dari sisa-sisa aktivitas manusia dan limbah ini sangat susah terurai secara alami dan pembusukan secara alami. Maka dari itu, limbah jenis ini sangat berbahaya bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Contoh-contoh dari limbah anorganik, seperti sisa sabun cuci baju atau piring, botol minuman bekas, kantong plastik, kaleng-kalengan, kertas, kain, kertas, dan masih banyak lagi.

c. Limbah B3

Jenis limbah berdasarkan senyawanya yang terakhir adalah limbah B3. Istilah “B3” merupakan kepanjangan dari Bahan Berbahaya dan Beracun. Dari namanya saja, limbah ini sudah bisa mengancam dan membahayakan lingkungan hidup. Bahkan, kesehatan manusia juga sangat terancam dengan adanya limbah B3. Limbah B3 menjadi berbahaya karena di dalam limbahnya terdapat senyawa-senyawa yang sulit untuk diurai dan beracun. Senyawa-senyawa itu berupa logam berat, seperti Al, Cr, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Hg, dan Zn. Selain itu, senyawa-senyawa berbahaya ini juga dapat

ditemukan pada zat kimia, seperti sianida, fenol, pestisida, sulfida, dan lain-lain.

2.3.3 Karakteristik Limbah

Limbah memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan dengan benda lainnya. Adapun beberapa karakteristik limbah adalah sebagai berikut:

- a. Berukuran mikro, limbah ini memiliki ukuran kecil atau partikel-partikel kecil yang masih dapat dilihat oleh mata manusia.
- b. Bersifat dinamis, limbah ini selalu bergerak sesuai dengan lingkungan sekitarnya. Misalnya, ketika limbah masuk ke sungai maka limbah tersebut akan mengikuti arah aliran sungai tersebut.
- c. Penyebabnya berdampak luas, dampak yang ditimbulkan limbah pada lingkungan dan manusia efeknya beragam. Ketika kontaminasi limbah sudah berat akan menyebabkan kerusakan bagi lingkungan dan manusia.
- d. Berdampak jangka panjang, limbah dapat menimbulkan dampak yang cukup lama di wilayah yang terkontaminasi. Sehingga dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengembalikan kondisi wilayah tersebut.

2.3.4 Limbah Batu Bata

Limbah batu bata merah adalah bahan atau material sisa dari batu bata yang sudah hancur atau tidak memiliki nilai ekonomi. Sampel limbah batu bata yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sampel limbah yang berasal dari pabrik pembuatan batu bata di JL. Pasar V Kebun Kelapa, Kel. Beringin, Kec. Deli Serdang. Adapun karakteristik limbah batu bata yang akan digunakan adalah:

- a. Limbah batu bata yang digunakan harus bersih dari material-material lain.

- b. Sampel limbah batu bata yang digunakan harus dalam keadaan kering agar mudah tercampur dengan agregat lainnya.

2.4 Material Penyusun Batako

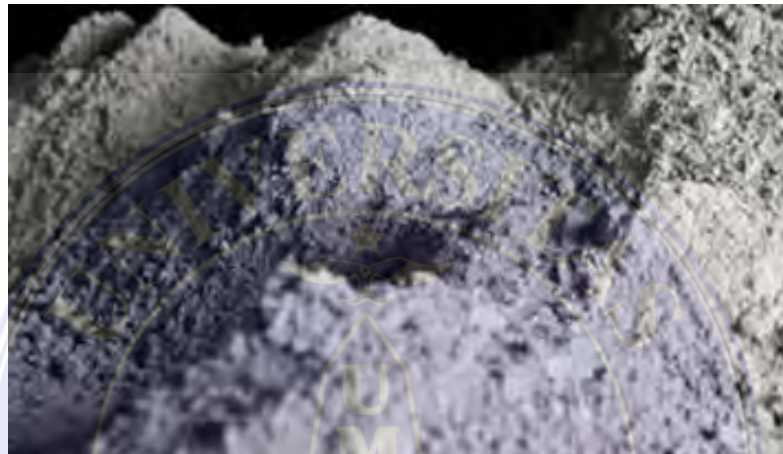
Kualitas dan mutu batako ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan batako yang berkualitas pula. Material yang akan digunakan dalam pembuatan batako pada penelitian ini semen, pasir, dan bahan tambahan limbah batu bata.

2.4.1 Semen Portland

Semen portland adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (blast furnace blast), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland komposit. (SNI-15-7064-2004). Semen portland dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti, pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, selokan, pagar, dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (batako) dan sebagainya.

Pada umumnya semen digunakan untuk merekat bahan bangunan seperti batu, batako, bata dan bahan lainnya. Sedangkan kata semen sendiri berasal dari (bahasa latin) *caementum* yang artinya “memotong menjadi bagian-bagian kecil tak

beraturan”. Meski sempat populer pada zamannya, nenek moyang semen “*made in Napoli*” ini tidak berumur panjang. Menyusul runtuhnya Kerajaan Romawi, sekitar abad pertengahan (tahun 1100-1500 M) resep ramuan *pozzuolana* sempat menghilang dari peredaran, (Wikipedia).



Gambar 6 Semen Portland (Dokumentasi Penelitian, 2022)

Berikut merupakan jenis-jenis semen portland sesuai dengan kegunaannya (Lamudi):

a. Semen Portland Tipe I

Jenis semen portland tipe I ini merupakan jenis semen yang paling banyak digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal. Karakteristik semen portland tipe I ini cocok digunakan dilokasi pembangunan dikawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah. Kegunaan semen portland tipe I diantaranya; konstruksi bangunan untuk rumah pemukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya.

b. Semen Portland Tipe II

Jenis semen portland tipe II ini dapat ditemukan ditempat yang kondisi letak geografisnya memiliki perbedaan kadar asam sulfat dalam air, tanah, dan juga tingkat hidrasinya. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Karakteristik semen portland tipe II yaitu, tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang. Kegunaan Semen Portland Tipe II; pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi dan bendungan.

c. Semen Portland Tipe III

Jenis semen portland tipe III ini harus memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik semen portland tipe III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Syarat ketahanannya harus menyamai kekuatan beton umur 28 hari seperti beton yang menggunakan Semen Portland Tipe I. Kegunaan semen portland tipe III; digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat.

d. Semen Portland Tipe IV

Jenis semen portland tipe IV ini, fase pengerasannya harus diminimalkan agar tidak terjadi keretakan. Karakteristik semen portland tipe IV ini, adalah salah satu jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan

panas hidrasi rendah. Kegunaan semen portland tipe IV; biasanya digunakan untuk lapangan udara.

e. Semen Portland Tipe V

Jenis semen portland tipe V ini, dirancang untuk memenuhi kebutuhan diwilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Karakteristik semen portland tipe V, yaitu harus membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam V, yaitu harus membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam. Kegunaan semen portland tipe V; yaitu hanya berlaku pada jenis bangunan diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga nuklir. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak atau padat dan untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Adapun komposisi kimia semen tercantum pada tabel 3 (Astanto, 2001).

Tabel 3 Tabel Susunan Unsur-Unsur Semen (Rulli Ranastra, 2013)

Oksida	Semen
Kapur, CaO	60 – 65
Silika, SiO_2	17 -25
Alumina, Al_2O_3	3.0 - 8.0
Besi, Fe_2O_3	0.5 – 6
Magnesia, MgO	0.5 – 4
Sulfur, SO_3	1.0 - 2.0
Soda / Potash $Na_2 O + K_2$	0.5 – 6

Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yaitu ikatan dan sifat pengerasan semen adalah (Astanto, 2001):

- 1) Berukuran Trikalsium silikat (C 3 S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
- 2) Dikalsium silikat (C 2 S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
- 3) Trikalsium aluminat (C 3 A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$
- 4) Tetrakalsium Aluminoforit (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

Faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah (Tjokrodimulyo, 1992):

- 1) Kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan makin cepat waktu pengikatannya.
- 2) Jumlah air, pengikatan semen akan makin cepat bila jumlah air berkurang.
- 3) Temperatur, waktu pengikatan akan makin cepat bila suhu udara di sekelilingnya semakin kecil.
- 4) Penambahan zat kimia tertentu.

Agar semen tetap memenuhi syarat meskipun disimpan dalam waktu lama, cara penyimpanan semen perlu diperhatikan. Berikut ini beberapa cara penyimpanan semen yang benar menurut Mulyono (2005):

- 1) Semen harus terbebas dari bahan kotoran dari luar.
- 2) Semen dalam kantong harus disimpan dalam gudang tertutup.
- 3) Semen harus terhindar dari basah dan lembab. Tidak tercampur bahan lain.
- 4) Urutan penyimpanan harus diatur sehingga semen yang lebih dahulu masuk gudang terpakai lebih dahulu.
- 5) Semen curah harus disimpan di dalam silo yang terbuat dari baja atau beton.

- 6) Semen yang disimpan terlalu lama, perlu dibuktikan dahulu bahwa semen tersebut memenuhi syarat sebelum di pakai.
- 7) Tinggi maksimum penimbunan zak semen adalah 2 m atau sekitar 10 zak.
- 8) Jarak antara bidang dinding dan semen sekitar 50 cm, sedangkan jarak antara lantai dan semen sekitar 30 cm.

2.4.2 Pasir (Agregat Halus)

Pasir atau agregat halus adalah agregat langsung dari alam yang berupa butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar 0,07-5 mm. Pasir merupakan hasil penghancuran oleh alam dari batuan induknya, dan terdapat dekat atau sering kali jauh dari asalnya karena terbawa oleh arus air atau angin, dan mengendap di suatu tempat. Pasir yang digunakan dalam campuran beton jika dilihat dari sumbernya dapat berasal dari sungai atau dari galian tambang (*quarry*). Agregat yang berasal dari tanah galian, yaitu tanah dibuka lapisan penutupnya (*pre-striping*), biasanya berbentuk tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Pada khusus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Pasir adalah bahan butiran batuan halus yang berukuran 0,14 – 5 mm, didapat dari hasil desintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau dengan memecah (*artificial sand*). Pasir biasanya diperoleh dari penggalian didasar sungai, pasir sangat cocok digunakan untuk pembuatan bata konstruksi. Pasir terbentuk ketika batu-batu dibawa arus sungai dari sumber air sampai ke muara sungai. Pasir dan kerikil dapat juga digali dari laut asalkan proses pengotoran serta garam-garamnya

(khlorida) dibersihkan dan kulit kerang disisihkan. Sebagai bahan adukan, baik untuk spesi maupun beton, maka agregat halus harus diperiksa dilapangan.



Gambar 7 Pasir (Agregat Halus) (Dokumentasi Lapangan, 2022)

Berikut beberapa jenis pasir berdasarkan asal dan sifatnya:

a. Pasir Gunung

Pasir gunung biasa ditemukan di daerah-daerah yang terletak agak tinggi. Pasir jenis ini banyak mengandung kerikil.

b. Pasir Sungai

Pasir jenis ini mempunyai butiran yang tidak merata. Pasir ini sangat baik untuk bahan utama pembuatan mortar (adukan) karena unsur-unsur pengikatnya dapat mencekal dengan baik pada permukaan kasar butiran tersebut.

c. Pasir Laut

Pasir jenis ini banyak mengandung kapur karena sebagian besar masih tersisa kulit kerang. Pasir Gunungan Tepi Pantai Pasir ini sama dengan pasir laut karena banyak mengandung kapur. Pasir gunungan tepi pantai adalah pasir yang terbawa angin.

d. Pasir Perak

Pasir ini biasa disebut dengan pasir kilapan. Pasir kilapan ini banyak digunakan sebagai penghias pada dinding dan langit-langit.

e. Pasir Lembek

Pasir lembek merupakan pasir halus dengan butiran bulat, sedikit mengandung tanah liat, dan banyak mengandung lumpur serta mengandung air.

f. Pasir Timah

Pasir jenis ini merupakan pasir yang dihanyutkan oleh air hujan dan biasanya berwarna abu-abu timah.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SK SNI – S – 04 –1989 –F ; 28), ada beberapa persyaratan penting untuk pasir yang digunakan pada bahan bangunan yaitu:

- a. Pasir halus sebaiknya terdiri dari butiran dengan tekstur tajam dan keras. Agregat Indeks kekerasan untuk jenis pasir ini adalah <math><2,2</math>.
- b. Bila pasir digunakan dengan Natrium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal 12 persen.
- c. Bila pasir digunakan dengan Magnesium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal 10 persen.

- d. Standar pasir tidak boleh memiliki kandungan lumpur lebih dari 5 persen, maka harus dicuci terlebih dulu.
- e. Tidak boleh terdapat terlalu banyak kandungan bahan organis didalam Pasir,Sebelumnya pasir harus melalui percobaan warna *Abrans-Harder* menggunakan larutan jenuh NaOH 3 persen.
- f. Untuk susunan jenis pasir butir besar harus memiliki kehalusan modulus 1,5 hingga 3,8. Pasir juga terdiri dari butir-butir yang berbeda.
- g. Pasir harus memiliki reaksi alkali negatif untuk membuat beton dengan keawetan tingkat tinggi.
- h. Pasir dari laut tidak diperbolehkan untuk agregat pasir halus untuk betol bermutu. Kecuali terdapat petunjuk khusus dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang sudah diakui.
- i. Pasir agregat halus yang akan digunakan untuk spesi terapan serta plasteran harus memenuhi persyaratan dari pasangan terlebih dahulu. Seperti yang diungkap dalam penjelasan diatas, masing-masing pasir memiliki fungsi sendiri berdasarkan dari sifat dan jenis pasir.

Hal-hal yang dapat dilakukan dalam pemeriksaan agregat halus dilapangan adalah:

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Agregat harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca.
- b. Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka agregat halus harus dicuci.

- c. Agregat yang berasal dari laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua adukan spesi dan beton.

Adapun distribusi butiran agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya, seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Gradasi Pasir (Tjokrodinuljo,2012)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran Yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4.8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2.4	60 – 95	85 – 100	85 – 100	95 – 100
1.2	30 – 70	75 – 100	75 – 100	90 – 100
0.6	15 – 34	60 – 79	60 – 79	80 – 100
0.3	5.0 – 20	12 – 40	12 – 40	15 – 50
1.15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Keterangan :

1. Daerah I : Pasir kasar
2. Daerah II : Pasir agak kasar
3. Daerah III : Pasir agak halus
4. Daerah IV : Pasir halus

Sebagai bahan adukan, agregat halus harus memenuhi persyaratan umum, sebagai campuran beton. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras. Butiran agregat halus bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

- b. Bentuk tajam dibutuhkan agar agregat saling mengunci dengan baik dalam adukan beton. Namun bentuk tajam dari agregat dapat menimbulkan gesekan yang besar yang akan mengurangi mobilitas atau sifat mudah gerak dari adukan beton.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian-bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5% maka harus dicuci terlebih dahulu.
- d. Agregat halus tidak mengandung bahan organik terlalu banyak.
- e. Terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan melewati saringan 4,75 mm dan tertahan pada saringan no. 200 (0,075 mm).

2.4.3 Air

Dalam pembuatan beton, air memiliki peran yang sangat penting. Air digunakan untuk bereaksi secara kimiawi dengan semen. Air dipergunakan pada pembuatan batako agar terjadi proses kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dimaksud adalah air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan, harus berupa air bersih dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas batako. Persyaratan dari air yang digunakan sebagai campuran bahan bangunan adalah air untuk pembuatan dan perawatan batako tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat menyebabkan penurunan kualitas batako yang dihasilkan dan juga akan mengubah sifat-sifat batako yang dibuat.

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton.

Air yang mengandung senyawa berbahaya yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya. Apabila air yang mengandung senyawa berbahaya dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan.

Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang ditinjau, tetapi hanya perbandingan antara air dengan semen saja atau biasa disebut faktor air semen (*water cement ratio*). Pujiyanto (2010) menyatakan, pada beton mutu tinggi, pengertian faktor air semen bisa diartikan sebagai *water to cementitious ratio*, yaitu rasio berat air terhadap berat total semen dan aditif cementitious, yang umumnya ditambahkan pada campuran batako mutu tinggi. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang sedikit akan menyebabkan proses hidrasi seluruhnya tidak akan tercapai. Kekuatan dan kemudahan pengerjaan (*workability*) campuran batako sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipakai. Untuk suatu perbandingan campuran batako tertentu diperlukan jumlah air yang tertentu pula. Jumlah air yang berlebihan akan mengakibatkan kekuatan batako berkurang. Disini tidak dipakai patokan angka karena nilai faktor air semen sangat tergantung dengan campuran penyusunnya. Nilai faktor air semen diasumsikan berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah dikerjakan.

Air yang umumnya dapat digunakan untuk beton adalah air yang dapat diminum (Tri Mulyono, 2003). Tetapi tidak semua air dapat memenuhi syarat tersebut karena 20 mengandung berbagai macam unsur yang dapat merugikan. SK

SNI S-04-1989-F mensyaratkan air yang dapat digunakan sebagai bahan bangunan sebagai berikut:

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c. Tidak mengandung benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak paving blok (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO₃.
- e. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan bata beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan bata beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
- f. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
- g. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas tidak boleh mengandung klorida lebih dari 500 ppm.

2.5 Metode Pengujian Batako

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tekan (*Compression Test*). Pengujian tekan adalah salah satu pengujian mekanik yang berguna untuk mengukur dan mengetahui kekuatan benda terhadap daya tekan. Pengujian tekan tergolong pada jenis pengujian yang merusak dimana gaya luar yang diberikan atau penekanan sejaris dengan sumbu spesimen.

Pengujian tekan ini bertujuan untuk mencari sifat mekanik dan beban tekan maksimum yang dapat di terima.

Kuat tekan beton adalah perbandingan tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan mesin tekan. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh peraturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, serta berbagai jenis campuran beton

Pada umumnya uji tekan ini digunakan pada spesimen/benda yang bersifat getas, karena alat uji tekan ini memiliki titik hancur yang terlihat jelas disaat melakukan pengujian. Keragaman fungsi dan dimensional uji tekan ini menjadikan beragam-ragam syarat mekanis yang perlu dipenuhi, karena akan beragam pula gaya dan arah gaya yang akan diuji kekuatan benda tersebut. Pada beberapa alat yang akan diuji yang dibuat panjang, dia akan melengkung jika diuji dengan alat uji tekan. Kuat tekan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$(KT) = \frac{P}{A} \quad 2.1$$

Keterangan :

P : Beban tekan,

A : Luas bidang tekan,

KT : Kuat tekan

Kuat tekan rata-rata dari contoh bata beton dapat dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji. Uji tekan ini memiliki alat yang canggih, berat dan tenaga yang kuat serta kualitas dan kinerja yang menjanjikan untuk para pengguna alat uji tekan tersebut. Sebesar apapun benda yang akan diuji kekuatannya dengan alat uji tekan ini kita bisa mengetahui kekuatan benda tersebut.

Uji tekan akan memberikan hasil pengukuran kekuatan benda tersebut mengenai besar pengukuran yang diuji terhadap bahan yang akan diuji sehingga standarisasi yang diinginkan akan tercapai sempurna. Sebesar apa benda yang akan diuji maka akan distabilkan juga dengan alat uji tekan sehingga memberikan hasil dan kinerja yang baik dan hasilnya lebih akurat.

Beberapa sifat pengerjaan ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan ataupun kesulitan adukan untuk diaduk, diangkat, dituang dan dipecahkan, adalah sebagai berikut:

1. Atur jumlah air pencampur.

Semakin banyak air yang akan digunakan dalam pencampuran maka semakin mudah bahan-bahannya tercampur. (namun jumlahnya harus tetap diperhatikan agar tidak terjadi segregasi).

2. Jumlah kandungan semen.

Dalam penambahan semen ke dalam campuran harus diperhatikan agar memudahkan adukannya tercampur. Sebab penambahannya akan diikuti dengan penambahan air guna untuk mencapai nilai f.a.s (faktor air semen).

3. Gradasi campuran pasir dan material tambahan lainnya

Bila campuran pasir serta agregat lainnya mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukannya pun akan mudah. Gradasi itu sendiri adalah distribusi ukuran dari agregat berdasarkan hasil persentase berat yang lolos pada saringan.

2.5.1 Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-1990 pengertian kuat tekan beton artinya besarnya beban per satuan luas, yang mengakibatkan benda uji beton hancur Bila dibebani menggunakan gaya tekan tertentu (*eksklusif*), yg dihasilkan oleh mesin tekan. Jadi dalam proses pengujiannya, benda yg berasal dari beton akan ditekan memakai mesin tekan untuk melihat seberapa jauh kekuatan tekanannya. 3 Faktor yg mempengaruhi kuat Tekan Beton dalam proses kekuatan beton yaitu:

a. Sifat dan Proporsi Campuran Beton

Sifat dan proporsi campuran beton menjadi tindakan awal dalam proses pembuatan beton untuk mencapai mutu yang diinginkan. Setiap komponen yang ada dalam campuran beton memiliki peranan penting. Namun ada beberapa sifat dan proporsi yang memiliki pengaruh dominan yaitu rasio air/semen, tipe semen, air campuran, agregat dan bahan tambahan.

b. Kondisi Pemeliharaan

Faktor yang kedua adalah kondisi pemeliharaan yang dilakukan setelah beton selesai dibuat. Meski menjadi salah satu material terkokoh namun bukan berarti beton tidak membutuhkan pemeliharaan. Faktanya, pemeliharaan secara berkala tetap perlu dilakukan agar beton berada di kondisi yang prima.

c. Faktor Pengujian

Setiap beton akan melalui proses pengujian, Pengujian ini biasa disebut dengan uji kuat tekan beton dan selalu dilakukan agar kita bisa tahu apakah kekuatan beton sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan yang

direncanakan. Pengujian ini sendiri biasanya dilakukan pada material beton segar yang berbentuk kubus atau silinder, di mana material beton ini sudah mewakili campuran beton. Waktu ideal untuk melakukan uji kuat tekan beton adalah saat beton berusia 3 hari, 7 hari dan 28 hari dengan minimal pengujian pada 2 beton setiap kali pengujian dilakukan.

2.5.2 Kuat Tekan Mutu Ringan

Pengertian Mutu Ringan Mutu Beton ringan (*Lightweight Concrete*) adalah beton yang mengandung agregat ringan yang mempunyai berat isi tidak lebih dari 1900 kg/m³ (Mulyono,T., 2003). Beton ringan dibuat dengan menggunakan agregat ringan (keadaan kering dan gembur mempunyai berat 1100 kg/m³ atau kurang) atau dikombinasikan dengan agregat normal sedemikian rupa sehingga dihasilkan beton dengan berat isi yang lebih kecil/lebih ringan dari pada beton normal. Beton ringan digunakan terutama untuk mengurangi berat struktur itu sendiri dan mengurangi sifat penghantaran panasnya Tjokrodimuljo,K (2007), Beton ringan mempunyai berat jenis kurang dari 1800 kg/m³ sedangkan beton normal mempunyai berat jenis 2400 kg/m³. Beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara kedalam campuran betonnya. Oleh karena itu pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- a. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen, dengan demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya.
- b. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batu apung.
- c. Dengan demikian beton yang terjadi pun akan lebih ringan dari beton normal.

- d. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus.

Dengan demikian beton ini dinamakan “beton non pasir” dan hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butiran agregat kasar sebesar 20-10 mm), mempunyai pori-pori yang hanya berisi udara (semula terisi oleh butir agregat halus). Berdasarkan (ACI 213 R-79 dalam Yanuar, Y., 1997) definisi beton agregat ringan struktural (*Struktural Lightweight Agregat Concrete*) adalah beton dengan kuat tekan minimal pada sampel silinder umur 28 hari sebesar psi (17,24 MPa) dan berat satuan kering udaranya tidak lebih dari 115 pcf (1850 kg/m³).

Menurut Neville (1975), beton ringan dilihat dari berat jenisnya dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

- a. Beton ringan dengan berat jenis antara 300-800 kg/m³ yang biasanya dipakai sebagai bahan isolasi.
- b. Beton ringan dengan berat jenis antara 800-1400 kg/m³ yang dipakai untuk struktur ringan.
- c. Beton ringan dengan berat jenis antara 1400-2000 kg/m³ yang dapat dipakai untuk struktur sedang. Pemakaian beton ringan menurut Gambhir (1986) dalam bangunan diantaranya untuk:
 - 1) Dinding tembok struktural, yaitu dinding tembok yang menahan beban.
 - 2) Beton ringan yang dipakai untuk ini tentu saja beton ringan yang mempunyai kuat tekan cukup tinggi.
 - 3) Tembok penyekat antar ruang dalam suatu gedung, biasanya berupa panel- panel beton bertulang.

- 4) Dapat dipakai sebagai beton tuang ditempat pada struktur komposit antara plat lantai/atap beton ringan dan balok beton bertulang biasa.
- 5) Sebagai dinding isolasi pada gedung-gedung, terutama pada bangunan perindustrian.

Menurut Murdock,L.J & Brook,K.M (alih bahasa: Stepanus Hendarko, 1999) beton ringan mempunyai berat jenis 1850 kg/m³ , dan penggunaan agregat ringan dapat menghasilkan kekuatan beton lebih besar dari 30 MPa. Pembentukan beton ringan dapat dilakukan dengan membuat rongga udara dalam beton dengan menghilangkan agregat halus, atau pembentukan udara dalam pasta semen dengan menambahkan beberapa bahan yang menyebabkan busa atau kedua cara tersebut dapat dikombinasikan. Beton ringan bukan saja diperhitungkan karena beratnya yang ringan, tetapi juga karena isolasi suhu yang tinggi dibandingkan dengan beton biasa. Umumnya pengurangan kepadatan diikuti dengan kenaikan isolasi suhu, meskipun terdapat penurunan kekuatan

2.6 Kuat Tekan Mutu Tinggi

Pengertian Beton Mutu Tinggi mutu tinggi (*High strength concrete*) merupakan sebuah tipe beton performa tinggi yang secara umum memiliki kuat tekan 6000 psi (40 MPa) atau lebih. Ukuran kuat tekannya diperoleh dari silinder beton 150–300 mm atau silinder 100-200 mm pada umur 56 atau pun 90 hari, atau pun umur yang telah ditentukan tergantung pada aplikasi yang diinginkan. Produksi *high strength concrete* membutuhkan penelitian dan perhatian yang lebih jauh terhadap kontrol kualitasnya dari pada beton konvensional (Andi Aprizon dan Pramudiyanto, 2008).

Menurut L.J. Parrot (1988) definisi beton mutu tinggi adalah beton yang workable dan memiliki kuat tekan lebih besar dari 70 MPa yang dibuat dengan metode seperti pada beton normal namun menggunakan unsur-unsur terpilih, menurut Edward G. Nawy (1996) adalah beton dengan kuat tekan yang lebih besar dari 6000 psi atau 42 MPa pada umur 28 hari. Beton mutu tinggi dapat diartikan sebagai beton yang memiliki satu atau lebih karakteristik seperti: susut yang kecil, permeabilitas yang rendah, modulus elastisitas yang tinggi atau kuat tekan yang tinggi pada umur 28 hari mencapai $>400 \text{ kg/cm}^2$ ($f'_c > 40 \text{ MPa}$) dan disyaratkan kontrol terhadap pemilihan dan design dari material penyusun beton dengan penambahan bahan tambah yang tepat.

Menurut P.Kumar Mehta Paulo & J.M. Monteiro (2006) beton mempunyai kekuatan rendah jika kuat tekannya kurang dari 20 MPa, berkekuatan sedang jika antara 20-40 MPa dan beton berkekuatan tinggi jika mempunyai kuat tekan lebih besar dari 40 MPa. Menurut Tjokrodimuljo, K (2007) jika beton mempunyai kuat tekan tinggi, umumnya sifat-sifat yang lain juga baik.

Berdasarkan kuat tekannya, beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya beton sederhana mempunyai kuat tekan sampai 10 MPa, beton normal mempunyai kuat tekan antara 15-30 MPa, beton prategang mempunyai kuat tekan 30-40 MPa, beton kuat tekan tinggi mempunyai kuat tekan antara 40-80 MPa dan beton kuat tekan sangat tinggi mempunyai kuat tekan diatas 80 MPa. Kita membutuhkan beton mutu tinggi untuk beberapa alasan yang dapat diberikan di sini, antara lain:

1. Menghasilkan beton dengan kuat tekan awal yang tinggi dan mempercepat pelaksanaan konstruksi.

2. Meningkatkan nilai modulus elastisitas dan mengurangi efek rangkak (*creep*).
3. Secara ekonomi dapat meningkatkan penggunaan *box girder* dan *solid girder bridge* dengan design yang lebih simpel. Menurut L.J. Parrot (1988), kelemahan penggunaan beton mutu tinggi, diantaranya:
 - a. Meningkatkan biaya beton per unit volume.
 - b. Memerlukan kontrol kualitas terhadap beton dan kebutuhan produksi.
 - c. *Workability* yang kurang baik dan sering kali menurun dengan cepat setelah waktu pencampuran.
 - d. Waktu untuk perkerasan beton sangat cepat

Sifat Beton mutu tinggi (*High strength concrete*) diantaranya:

- a. Kadar Semen Tinggi

Dalam rancangan campuran beton mutu tinggi, umumnya digunakan semen *Portland* tipe I (normal) dan tipe III (kekuatan awal tinggi).

Pemakaian jumlah semen yang banyak dapat mencapai kuat tekan yang tinggi, namun dapat memberikan pengaruh pada semakin tingginya susut atau rangkak, sehingga banyaknya semen dibatasi sampai 550 kg/m³. Sayangnya hal ini menyebabkan kesulitan dalam pengerjaannya.

Umumnya nilai *fas* minimum untuk beton normal sekitar 0,40 dan nilai maksimumnya 0,65. Tujuan pengurangan *fas* ini adalah untuk mengurangi hingga seminimal mungkin porositas beton yang dibuat sehingga akan dihasilkan beton mutu tinggi.

- b. Kualitas agregat halus (pasir).

Tekstur permukaan agregat halus yang bertekstur halus akan lebih

sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat permukaan kasar, sehingga dengan semakin sedikitnya air yang dibutuhkan kemungkinan menghasilkan beton yang bermutu tinggi lebih besar jika menggunakan agregat kasar.

c. Kualitas agregat kasar.

Dalam pemilihan agregat kasar, porositas yang rendah merupakan faktor yang sangat menentukan untuk menghasilkan suatu adukan beton yang seragam (mempunyai keteraturan dan keseragaman yang baik pada mutu maupun parameter lain yang dibutuhkan). Akan sangat baik jika akan digunakan untuk beton mutu tinggi, daya serap air tidak lebih dari satu persen.

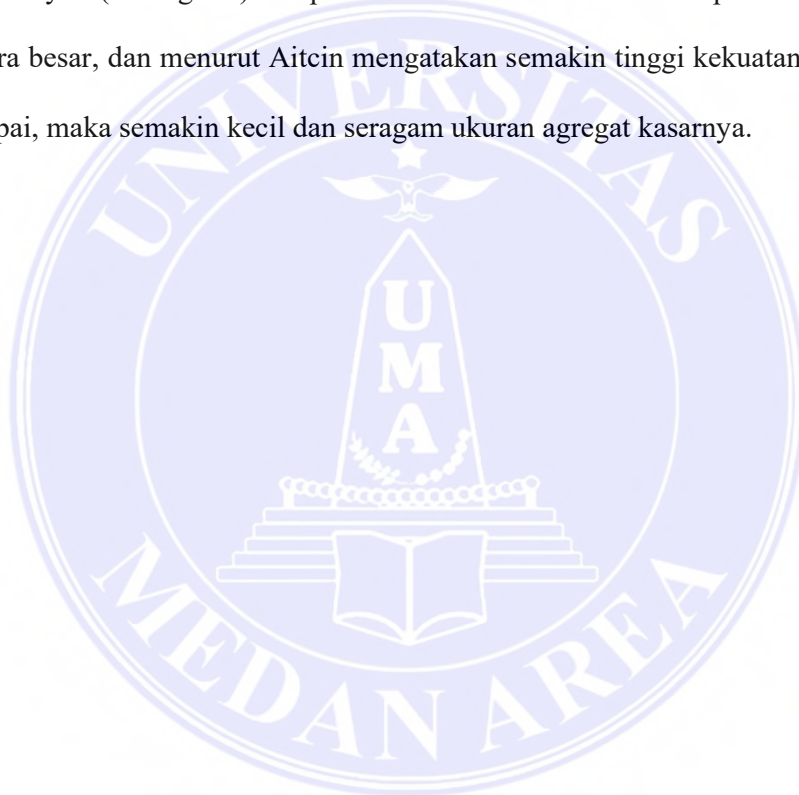
d. Bahan tambah

Pengurangan kadar air dalam pembuatan beton mutu tinggi menjadi perhatian penting. Dengan bahan tambah yang dapat mengurangi air sangat tinggi seperti superplasticizer diharapkan kekuatan beton yang dihasilkan lebih tinggi dengan air yang sedikit, tetapi tingkat kemudahan pekerjaan (workability) juga lebih tinggi.

e. Kontrol kualitas.

Kontrol terhadap proses produksi beton pada saat pengambilan sampel, pengujian maupun proses penakaran sampai perawatan. Pengawasan dan pengendalian yang tepat dari keseluruhan prosedur dan mutu pelaksanaan yang didukung oleh koordinasi operasional yang optimal akan lebih meningkatkan kualitas mutu beton yang dihasilkan.

Hasil penelitian Larrard (1990) menyebutkan bahwa butiran maksimum yang memberikan arti nyata untuk membuat beton mutu tinggi tidak boleh lebih dari 15 mm. agregat sampai dengan 25 mm masih memungkinkan diperolehnya beton mutu tinggi dalam proses produksinya. Menurut Andi Aprizon dan Pramudiyanto untuk menghasilkan beton mutu (*high strength concrete*) tinggi, isi total dari bahan-bahan perekat umumnya sekitar 700 lb/yd³ (415 kg/m³) lebih dari 1100 lb/yd³ (650 kg/m³) dan pemakaian air akan menurunkan potensial kekuatan secara besar, dan menurut Aitcin mengatakan semakin tinggi kekuatan yang ingin dicapai, maka semakin kecil dan seragam ukuran agregat kasarnya.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan di dua tempat yaitu Laboratorium Beton Universitas Katolik Santo Thomas dan tempat pembuatan batako. Yang mana di Laboratorium Beton Universitas Katolik Santo Thomas untuk melakukan pengujian material seperti pasir dan pengujian kuat tekan batako, lalu untuk pembuatan dan pencetakan batako dilakukan di Panglong Masayu, yang beralamat di Jl. Blok Gading No. 36, Deli Serdang. Secara umum, metodologi penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap, yaitu:

1. Tahap 1: tahap persiapan dan pengujian bahan
2. Tahap 2: tahap perhitungan rencana campuran (*mix design*)
3. Tahap 3: tahap pembuatan dan perawatan benda uji
4. Tahap 4: tahap pengujian kuat tekan batako
5. Tahap 5: tahap analisa data

3.2 Pembuatan dan Perawatan Batako

Pada tahap ini dilakukan pembuatan dan perawatan benda uji di tempat pembuatan batako. Bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan batako ditakar sesuai rencana campuran batako. Semen, pasir, dan limbah batu bata yang akan digunakan ditakar tersebut dimasukkan dalam molen dan diaduk. Setelah adukan merata, dimasukkan air sedikit demi sedikit. Selanjutnya adukan batako dicetak menggunakan cetakan dengan ukuran 30 x 15 x 10 dan kemudian dipadatkan menggunakan alat penumbuk besi. Batako yang telah dicetak disusun

dikeringkan secara alami. Pelaksanaan Penelitian Batako yang akan dirancang dengan komposisi material tertentu apabila pelaksanaannya tidak dilakukan dengan baik maka kekuatan rencana batako sulit untuk dicapai. Oleh karena itu perlu diperhatikan prosedur pelaksanaan perancangan batako seperti yang diuraikan berikut:

3.2.1 Persiapan Pembuatan Batako

Adapun bahan digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Semen portland merek Semen Merah Putih.
- b. Agregat halus (pasir).
- c. Air.
- d. Limbah batu bata merah dari pabrik batu bata di JL. Pasar V Kebun Kelapa, Kel. Beringin, Kec. Deli Serdang.
- e. Oli.

3.2.2 Pembuatan dan Perawatan Batako

Tahapan pembuatan benda uji adalah langkah untuk menguraikan sistematis penelitian yang akan digunakan sehingga nantinya akan diperoleh hasil yang dapat dipertanggung jawabkan oleh peneliti. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Tahap I (Persiapan)

Sebelum penelitian mulai dilakukan, maka bahan dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu.

b. Tahap 2 (Perencanaan Campuran)

Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan mengacu pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan dari masing-masing bahan sebelumnya untuk merencanakan pencampuran batako, mulai dari semen, agregat halus dan air. Hasil dari mix design ini berupa perbandingan antara bahan-bahan penyusun batako yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan benda uji.

c. Tahap 3 (Pembuatan dan Perawatan Benda Uji)

Pada pembuatan benda uji kali ini menggunakan batako dengan ukuran 30cm x 15cm x 10cm. Jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 15 (lima belas) buah. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan bahan dan alat – alat yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji
- 2) Bahan-bahan yang diperlukan dimasukkan ke dalam wadah adukan
- 3) Kemudian dilakukan pengadukan bahan-bahan tersebut sampai tercampur rata
- 4) Setelah tercampur rata diberi air sesuai dengan jumlah yang direncanakan, Penambahan air dilakukan bertahap sedikit demi sedikit,
- 5) Kemudian adukan batako dimasukkan kedalam cetakan yang sudah diolesi dengan oli agar sampel mudah dilepaskan dari cetakan dan dipadatkan menggunakan penumbuk besi

6) Setelah dipadatkan batako dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan selama 14 hari

d. Tahap 4 (Uji Kuat Tekan Batako)

Pada pelaksanaan pengujian ini harus diperhatikan kesiapan dari alat-alat yang akan digunakan dan juga kesiapan dari operator yang akan mengoperasikan alat-alat tersebut agar pelaksanaan pengujian dapat berjalan sesuai dengan rencana. Jumlah personel yang terlibat minimal 2 orang, masing-masing mempunyai tugas sendiri-sendiri. Satu orang sebagai pengatur kerja mesin sekaligus sebagai pembaca jarum penunjuk beban maksimal dan seorang mencatat hasil pembacaan tersebut.

Sebelum pengujian dilakukan, setiap benda uji ditimbang terlebih dahulu dan diukur luas penampangnya dan dicatat.



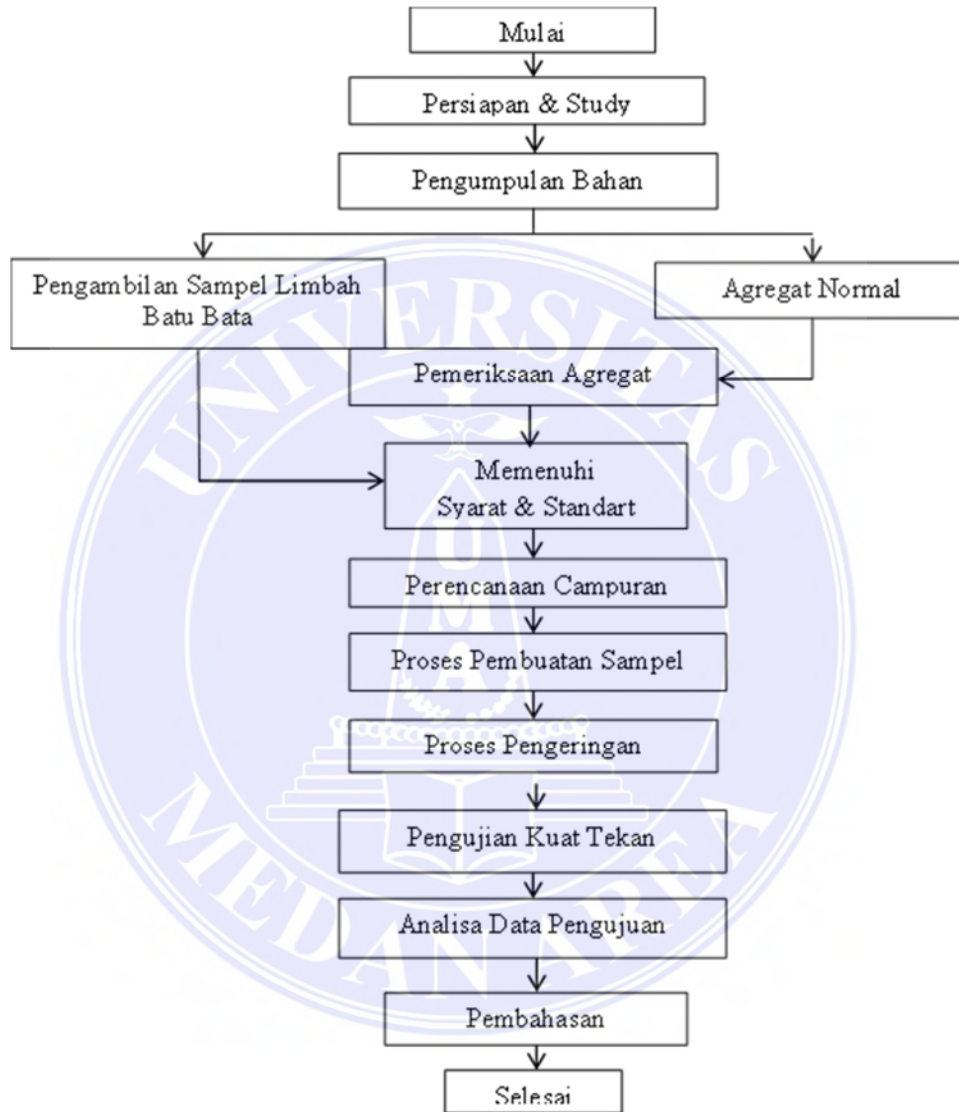
Gambar 8 Alat Uji Kuat Tekan (Laboratorium Beton Unika, 2022)

3.3 Metodologi Penelitian

Metode penelitian eksperimental. Metode penelitian eksperimental merupakan penelitian yang dilakukan dengan cara mengadakan suatu

percobaan/pengujian untuk mendapatkan data atau hasil, guna meneliti, serta mempelajari dan menganalisis penelitian uji kuat tekan beton dilaboratorium.

3.4 Bagan Alir Penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis data dan pengujian Pemanfaatan limbah batu bata sebagai campuran pembuatan batako dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian dimana kuat tekan yang dihasilkan dari batako tanpa campuran limbah batu bata adalah $100,27 \text{ Kg/cm}^2$, sedangkan hasil dari batako yang dicampur dengan limbah batu bata mengalami penurunan.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan batako dengan penambahan limbah batu bata yaitu $10\% = 27,07 \text{ Kg/cm}^2$, $25\% = 21,87 \text{ Kg/cm}^2$ dan $35\% = 19,86 \text{ Kg/cm}^2$. Batako dengan campuran limbah batu bata mengalami penurunan kuat tekan tetapi masih termasuk mutu yang baik dan layak digunakan.
3. Penggunaan limbah batako sebagai bahan pengganti semen terbilang efektif walaupun bukan tergolong dalam mutu tinggi

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini pemadatan dilakukan secara manual, untuk pemadatan benda uji selanjutnya disarankan dengan menggunakan mesin press agar betako yang menjadi lebih padat.
2. Pada saat pembuatan benda uji agar dibuat sesimetris mungkin agar didapat data pengujian yang valid.

3. Pada penelitian selanjutnya agar menambah durasi pengeringan batako untuk mengetahui apakah kekuatan batako akan bertambah apabila durasi pengeringannya semakin lama
4. Pada penelitian selanjutnya diusulkan menggunakan persen limbah sedikit saja



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI ASTM C136:2012. *Metode Uji Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT)*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004, SNI 15-7064-2004. *Semen Portland Komposit*.
- Dedi Irawan. 2020. *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Bahan Campuran Terhadap Sifat Mekanik Batako*.
- Direktorat Pendayagunaan dan Pengamanan Sumber Daya Air. 1998. *Pedoman Pengalokasian Air*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung.
- Ibnu Dwiki Permana. 2017. *Pengaruh Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Bahan Campuran Terhadap Sifat Mekanik Batako*.
- Ilma Anggraeni (2021). *Studi Eksperimental Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton FC'21 (K250)*.
- Lea., Peter C Hewlett (ed), *Chemistry of Cement and Concrete, four edition*, London: Butterworth-Heinemann, 2001
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Penerbit ANDI.
- Rizaky Dian Anggakusuma. 2014. *Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Batako*.
- Standart Nasioal Indonesia, 1989, SNI 03-034-1989 : *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*.
- Standart Nasioal Indonesia, 2002, SNI 03-6861.1-2002 : *Bahan Bangunan Bukan Logam*.
- Standart Nasional Indonesia, 2002, SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton*.

Standart Nasional Indonesia, 1990, SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.*

Standart Nasional Indonesia, 2000, SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.*

TI Putra, N Setyowati, E Aprianto. 2019. *Identifikasi dan Pengelolaan Limbah.*

Tjokrodinuljo, K., 1992, *Bahan Bangunan Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



LAMPIRAN



Pabrik Pembuatan Batako



Pasir Untuk Pembuatan Batako



Limbah Sebagai Pengganti Semen Pada Pembuatan Batako



Pencampuran Bahan-Bahan Pembuatan Batako Sesuai Rencana



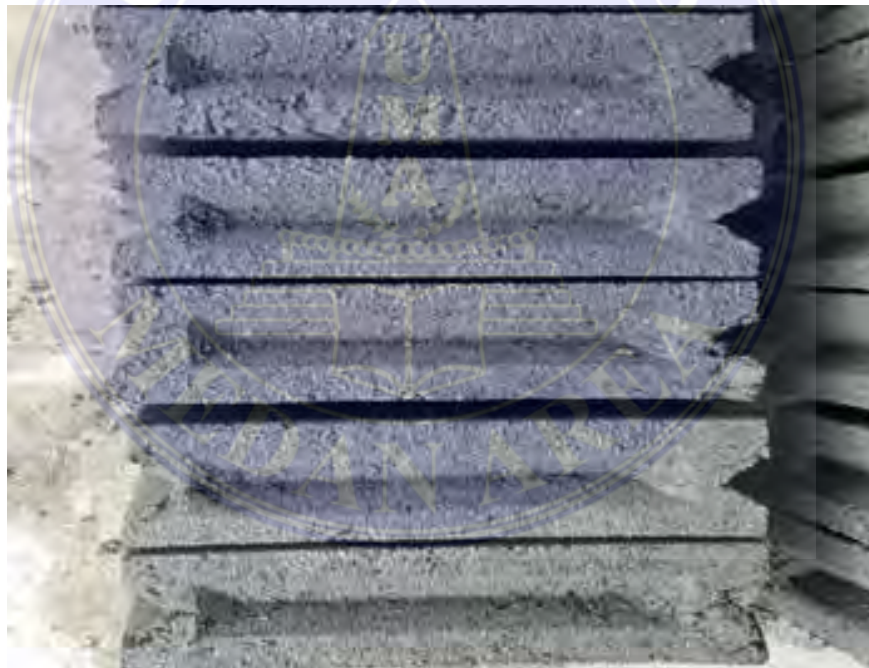
Cetakan Batako



Pengolesan Oli Pada Cetakan Agar Sampel Mudah Dikeluarkan



Proses Pencetakan Batako



Sampel Batako yang Sudah Dikeluarkan dari Cetakan



Proses Uji Kuat Tekan Batako

