

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH CANGKANG KERANG
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN
DAN DAYA SERAP AIR PADA BATAKO**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau*



Oleh

ANGGREINI VILPA

143110412

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah dengan izin Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Dara sebagai Pengganti Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Batako” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Salawat beriring salam juga penulis ucapkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, dan banyak kekurangan baik dalam metode penulisan maupun dalam pembahasan materi. Hal tersebut dikarenakan keterbatasan kemampuan Penulis. Sehingga Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun mudah-mudahan dikemudian hari dapat memperbaiki segala kekurangannya.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Bapak Prof.Dr. H. Syafrinaldi SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
3. Ibu Drs. Mursyidah, Ssi., MSc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, selaku Wakil Dekan III Teknik Universitas Islam Riau.

6. Ibu Harmiyati ST., M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Ibu Roza Mildawati, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing.
9. Ibu, Sy. Sarah Alwiyah, ST. MT selaku Dosen Penguji 1.
10. Ibu, Vella Anggreana selaku Dosen Penguji 2.
11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
12. Seluruh Staff Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Ayahanda Alfajri dan Ibunda Suryanti, ungkapan syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas takdir-Nya menjadikan penulis sebagai putri dari orangtua seperti Ayah dan Ibu. Tidak terhitung pengorbanan, jerih payah, do'a serta kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis. Besar harapan penulis untuk dapat membahagiakan ayah dan ibu dengan kesuksesan yang akan penulis raih untuk masa yang akan datang, amin.
14. Adek Yunika Pafilia, Sepupu Septy Fariskha dan seluruh keluarga besarku terimakasih atas dukungan penuh baik moral dan materil sehingga penulis bisa mencapai semua ini.
15. Buat teman dan sahabat seperjuangan Ilham Maulana, M. Syahri Rozaimi, Fajri Syefringga, Mia Indah Sari, Wira Deshandy, Apan Gope, Ichsan Saputra, Dina Trimayanita, serta rekan-rekan sipil C dan seluruh Mahasiswa Teknik Sipil Angkatan 2014 Universitas Islam Riau dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Buat teman kos Anggi kecil dan Pacarnya Anton Maulana, Icha Mungil, Sonya Asoy, Jihan, Ella, Getri nunun, terimakasih atas dukungan semangat, dan perhatiannya untuk membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Subhanallah, ada banyak nama dan pastinya lebih banyak lagi yang tidak tersebut. Untuk itu penulis mohon maaf, semoga Allah membalas semua amalan bantuan dan pengorbanan semua pihak dengan balasan yang berkali lipat lebih baik. Amin dan semoga karya tulis ini bermanfaat.

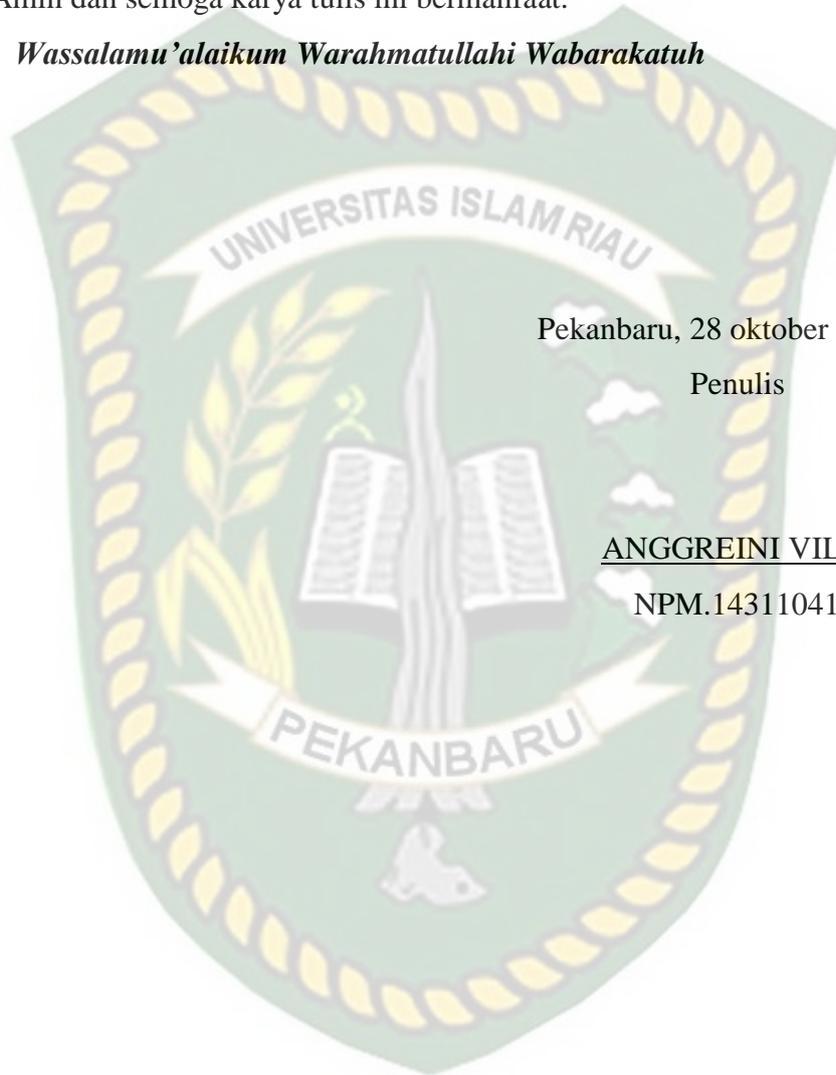
Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pekanbaru, 28 oktober 2021

Penulis

ANGGREINI VILPA

NPM.143110412



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.1 Rumusan Masalah	3
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Penelitian terdahulu.....	5
2.3 Keaslian Penelitian.....	8
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 Batako.....	9
3.1.1 Sifat dan Jenis Batako	11
3.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Batako.....	12
3.1.3 Persyaratan Mutu Batako	12
3.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Mutu Batako	14
3.2 Material Penyusun Batako.....	16
3.2.1 Semen Portland	16
3.2.2 Agregat.....	18
3.2.3 Agregat Halus (Pasir).....	19
3.2.4 Air	24
3.3 Cangkang Kerang	25
3.3.1 Jenis Kerang	26
3.4 Kuat Tekan	30

3.5	Daya Serap Air	31
BAB IV METODE PENELITIAN		33
4.1	Umum	33
4.2	Lokasi Penelitian	33
4.3	Jenis Penelitian	34
4.4	Alat dan Bahan Penelitian	34
4.4.1	Alat	34
4.4.2	Bahan	40
4.5	Tahap Pelaksanaan Penelitian	41
4.6	Prosedur Kerja	43
4.6.1	Pengujian Agregat	44
4.6.2	Pembuatan Benda Uji (Batako)	48
4.6.3	Pengujian Batako	53
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		56
5.1	Air	56
5.2	Semen	56
5.3	Agregat Halus	57
5.3.1	Pemeriksaan Gradasi Pasir	57
5.3.2	Pemeriksaan Berat Satuan Agregat	59
5.3.3	Pemeriksaan Berat Jenis	60
5.3.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur	61
5.4	Kuat Tekan (Compressive Strength)	62
5.5	Daya Serap Air (Water Absorption)	64
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Persyaratan Fisis Batako	13
Tabel 3. 2 Persyaratan Ukuran Standard dan Tolernansi Batako.....	14
Tabel 3. 3 Komposisi Semen Portland.....	17
Tabel 3. 4 Persyaratan Pasir Beton	19
Tabel 3. 5 Syarat Batas Gradasi Pasir	22
Tabel 4. 1 Perbandingan Kebutuhan Bahan 1 Buah Batako untuk Setiap Variasi	49
Tabel 4. 2 Hitungan Kebutuhan Bahan Material untuk 6 Buah Batako.....	50
Tabel 4. 3 Jumlah Benda Uji.....	51
Tabel 5. 1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Danau Bingkuang	57
Tabel 5. 2 Hasil Pemeriksaan Berat Satuan Pasir Danau Bingkuang	59
Tabel 5. 3 Tabel Berat Jenis Pasir Danau Bingkuang	60
Tabel 5. 4 Hasil Pemeriksaan Kadar lumpur	61
Tabel 5. 5 Kuat Tekan Rata-rata Batako dengan Penggunaan limbah Cangkang Kerang	63
Tabel 5. 6 Nilai Rata-rata Daya Serap Air pada Batako	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Batu Cetak (Batako) Berlubang (Hollow Block)	10
Gambar 3. 2 Batu Cetak (Batako) Berlubang (Hollow Block)	10
Gambar 3. 3 Kerang Anadara Polii	27
Gambar 3. 4 Kerang Anadara Polii	28
Gambar 3. 5 Kerang Anadara Polii	29
Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian (a) Pembuatan Batako dan (b) Pengujian Material dan Batako	33
Gambar 4. 2 Cawan (Dokumentasi pribadi, 2021)	34
Gambar 4. 3 Cawan (Dokumentasi pribadi, 2021)	35
Gambar 4. 4 Cawan (Dokumentasi pribadi, 2021)	35
Gambar 4. 5 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	36
Gambar 4. 6 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	36
Gambar 4. 7 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	37
Gambar 4. 8 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	37
Gambar 4. 9 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	38
Gambar 4. 10 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	38
Gambar 4. 11 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	38
Gambar 4. 12 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	39
Gambar 4. 13 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	39
Gambar 4. 14 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	40
Gambar 4. 15 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)	40
Gambar 4. 16 Pasir (Dokumentasi pribadi, 2021).....	41
Gambar 4. 17 kerang (Dokumentasi pribadi, 2021).....	41
Gambar 4. 18 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 4. 19 Pengujian Analisa Saringan (Dokumentasi pribadi, 2021)	45
Gambar 4. 20 Pengujian Analisa Saringan Pecahan Cangkang Kerang (Dokumentasi pribadi, 2021)	46
Gambar 4. 21 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Dokumentasi pribadi, 2021)	47
Gambar 4. 22 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Dokumentasi pribadi, 2021)	48
Gambar 4. 23 Batako yang Akan Dilakukan Pengujian (Dokumentasi pribadi, 2021)	53
Gambar 4. 24 Pengujian Uji Kuat Tekan Batako (Dokumentasi pribadi, 2021) ..	54
Gambar 4. 25 Pengujian Daya Serap Air (a) Tahap Pengeringan dan (b) Tahap Perendaman (Dokumentasi pribadi, 2021).....	55

Gambar 5. 1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Danau Bingkuang..... 59
Gambar 5. 2 Pengaruh Variasi Penggunaan Limbah Cangkang Kerang dara
terhadap Kuat Tekan Batako..... 64
Gambar 5. 3 Pengaruh Variasi Penggunaan Cangkang Kerang Dara terhadap Daya
Serap Air pada Batako 66
Gambar 5. 4 Batako Menggunakan Limbah Cangkang Kerang Dara 67



**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH CANGKANG KERANG
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN
DAN DAYA SERAP AIR PADA BATAKO**

ANGGREINI VILPA

NPM : 143110412

ABSTRAK

Batako yang merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternative pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi Antara pasir, semen dan air. Penggunaan limbah Cangkang kerang Dara diharapkan bisa mengurangi pencemaran lingkungan akibat banyaknya cangkang kerang. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi penggunaan pasir sebagai bahan campuran batako dengan penggunaan limbah cangkang kerang dara, tujuannya untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah cangkang kerang dara terhadap kuat tekan dan daya serap air pada batako.

Limbah cangkang kerang dara sebagai substitusi sebagian pasir menggunakan persentase campuran 0%., 2,5%., 5%., 7,5%., dan 10% dalam pengujian kuat tekan dan daya serap air selama 28 hari. Pada penelitian ini menggunakan SNI 03-0349-1989 dan untuk cetakan batako berukuran 30x10x15cm.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai kuat tekan beton berumur 28 hari pada variasi 0%., 2,5%., mengalami kenaikan dan pada variasi 5%., 7,5%., dan 10% mengalami penurunan, semua variasi masih termasuk kedalam mutu batako kelas I. untuk daya serap air pada batako umur 28 hari pada variasi penggunaan limbah cangkang kerang dara 0%., 2,5%., 5%., dan 7,5% selalu mengalami kenaikan dan daya serap air pada variasi 10% mengalami penurunan, yang semuanya masih tergolong kedalam mutu batako kelas 1 dengan daya serap air maksimal 25% sesuai dengan SNI 03-0349-1989.

Kata kunci : Batako, Limbah Cangkang Kerang, Kuat Tekan, Daya Serap Air,

SNI 03-0349-1989

**THE EFFECT OF THE USE OF WASTE SHELL SHELL AS A
REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE ON COMPRESSIVE
STRENGTH AND WATER ABSORPTION IN BRIDGES**

VILPA ANGGREINI

NPM : 143110412

ABSTRACT

Brick which is a building material in the form of an alternative printed brick to replace a brick composed of a composition between sand, cement and water. The use of Dara shells waste is expected to reduce environmental pollution due to the large number of shells. This research was conducted to reduce the use of sand as a mixed material for bricks with the use of virgin clam shell waste, the aim is to determine the effect of using virgin clam shell waste on the compressive strength and water absorption of the bricks.

Pigeon shell waste as a partial substitution of sand used a mixture percentage of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% in the compressive strength and water absorption test for 28 days. In this study, SNI 03-0349-1989 was used and for the brick mold the size was 30x10x15cm.

Based on the research conducted, the compressive strength of 28-day-old concrete at variations of 0%, 2.5%, has increased and at variations of 5%, 7.5%, and 10% has decreased, all variations are still included in the the quality of class I bricks for water absorption on 28 days old bricks on variations in the use of virgin clam shell waste 0%, 2.5%, 5%, and 7.5% always increased and water absorption at variations 10 % decreased, all of which are still classified as class 1 quality bricks with a maximum water absorption capacity of 25% in accordance with SNI 03-0349-1989.

Keywords : Brick, Shell Shell Waste, Compressive Strength, Water Absorption,

SNI 03-0349-1989

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman modern perkembangan pembangunan rumah di kota – kota besar yang ada di Indonesia sudah banyak menggunakan batako untuk bahan pembuatan bagian dinding rumah. Bangunan yang dulu masih menggunakan dinding kayu dan batu bata perlahan ditinggalkan. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, kebutuhan akan semakin meningkat. Kondisi ini menyebabkan material penyusun rumah seperti dinding harganya juga semakin naik. Dalam hal ini, material yang dimaksud adalah batu bata. Lebih lanjut batu bata yang hanya diproduksi pada musim kemarau sering juga hilang di pasaran. Kemungkinan disebabkan oleh bahan baku bata yaitu tanah yang juga semakin berkurang. Melihat kondisi ini, batako bisa menjadi alternatif pengganti batu bata yang mulai banyak diminati masyarakat karena bentuk dan ukurannya lebih besar dari batu bata yang memudahkan pengerjaan pemasangan dinding rumah.

Salah satu material bahan bangunan yaitu batako, sangat diminati untuk membangun dinding rumah dan pagar beton. Berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) 03-0349-1989, batu cetak beton atau sering disebut batako merupakan komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen, pasir, air, dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*). Batako dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding. Ditinjau dari karakteristiknya, batako tergolong cukup berat sehingga untuk proses pemasangan sebagai konstruksi dinding memerlukan tenaga yang cukup kuat dan waktu yang lama (Simbolon T. 2009).

Dari uraian diatas maka dilakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan dan daya serap air dengan memanfaatkan campuran limbah cangkang kerang dara sebagai campuran pembuatan batako pada komposisi yang berbeda. Dengan penambahan cangkang kerang dara, diharapkan bisa memberi nilai tambah dengan diperolehnya suatu material batako yang lebih kuat dalam menerima

tekanan dan daya serap air batako yang rendah serta kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan batako biasa. Lebih lanjut pemanfaatan limbah cangkang kerang dara ini akan memberi nilai lebih terhadap perbaikan ekonomi masyarakat dan pada akhirnya batako yang dihasilkan juga ramah terhadap lingkungan yang menjadi solusi dari permasalahan limbah cangkang kerang dara.

Limbah industri biasanya banyak terbuang dilingkungan sehingga perlu dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Limbah yang selama ini dibuang begitu saja akan beresiko menyebabkan rusaknya lingkungan. Limbah rumah tangga contohnya, banyak sekali makanan yang berasal dari hewan bercangkang yang hanya dikonsumsi bagian dagingnya saja, sedangkan cangkangnya dibuang begitu saja tanpa dimanfaatkan secara optimal. Oleh sebab itu peneliti berinisiatif mencoba memanfaatkan limbah-limbah dari cangkang kerang dara tersebut menjadi bahan alternatif sebagai pengganti agregat halus pada campuran pembuatan batako. Dengan ketersediaan limbah kerang sangat banyak, terutama limbah cangkang kerang dara. limbah-limbah tersebut kebanyakan berasal dari limbah warga sekitar yang bekerja sebagai pengupas kerang sehingga menimbulkan pencemaran. Pada kulit kerang memiliki kandungan karbonat tinggi dan kalsium sekitar 38% yang hampir mirip dengan kandungan senyawa pada semen. Selama ini manfaat limbah padat tersebut belum optimal. Limbah ini hanya dimanfaatkan untuk menimbun areal disekitar pabrik (*landfill*), penjernih air, bahan obat-obatan, dan kerajinan tangan.

Pada penelitian ini akan dilakukan uji kuat tekan dan daya serap air batako dengan campuran kulit cangkang kerang yang tingkat mutu sesuai perencanaan SNI 03-0349-1989.

Dengan memanfaatkan pecahan cangkang kerang dara sebagai campuran dalam pembuatan batako yang ramah lingkungan dengan komposisi dan persentase yang bervariasi. Diharapkan pecahan cangkang kerang dara tersebut dapat dipakai sebagai bahan pembuatan batako dan menghasilkan kekuatan yang tidak jauh berbeda dari batako konvensional yang ada saat ini.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dibuat suatu perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kuat tekan batako dengan menggunakan bahan tambah pecahan cangkang kerang dara dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari jumlah pasir?
2. Bagaimana pengaruh daya serap air pada batako dengan menggunakan bahan tambah pecahan cangkang kerang dara dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari jumlah pasir?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kuat tekan pada batako dengan menggunakan limbah cangkang kerang dara dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari jumlah pasir
2. Mengetahui pengaruh daya serap air pada batako dengan menggunakan limbah cangkang kerang dara dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari jumlah pasir?

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang diperoleh, antara lain:

1. Memberi inovasi baru kepada pengusaha batako atau beton lainnya dengan memanfaatkan limbah cangkang kerang.
2. Memberikan informasi dalam bidang ilmu pengetahuan teknologi bahan bangunan tentang pengaruh limbah cangkang kerang dara terhadap kuat tekan dan daya serap air pada batako.
3. Memberikan informasi untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang dara sebagai alternatif bahan bangunan.

4. Memberikan informasi mengenai cara mengurangi kerusakan lingkungan akibat pencemaran limbah cangkang kerang dara yang merupakan limbah yang sampai sekarang belum sepenuhnya dimanfaatkan.

Hasil penelitian ini dapat dipergunakan sebagai sarana untuk menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman, sebagai penerapan teori – teori yang didapat pada saat kuliah.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah serta agar masalah yang dikaji dalam penelitian ini menjadi terarah dan tidak melebar terlalu jauh maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Benda uji yang dibuat adalah batako yang menggunakan campuran limbah pecahan cangkang kerang dara
2. Ukuran batako yang akan dilakukan pengujian yaitu antara 30cm x 10cm x 15cm.
3. Jenis batako yang akan dilakukan pengujian yaitu batako tidak berlubang (*Solid Block*).
4. Pasir yang digunakan berasal dari daerah yang diambil dari desa Danau Binguang, Kabupaten Kampar.
5. Benda uji yang dibuat diharapkan masuk dalam mutu I, yaitu benda uji yang bisa digunakan untuk konstruksi yang memikul beban.
6. Benda uji yang akan diuji kuat tekan dan daya serap air nya adalah batako yang sudah berumur 28 hari dan jumlah benda uji setiap pengujiannya dengan menggunakan sampel 15 buah untuk pengujian kuat tekan batako dan 15 buah untuk pengujian daya serap air pada batako

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan pengamatan kembali penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan untuk memberikan solusi bagi penelitian yang sedang dilakukan agar hasil penelitian yang didapatkan jadi memuaskan. Pada penelitian ini penulis menggunakan tinjauan pustaka sebagai referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah ditulis dan diterbitkan oleh para peneliti terdahulu.

2.2 Penelitian terdahulu

Dalam penelitian ini akan disajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut :

Mulyono (2003), Telah melakukan Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana “pengaruh penggunaan limbah kulit kerang terhadap kuat tekan beton dan mengetahui bagaimana persentase pengganti/substitusi limbah kulit kerang agar diperoleh kuat tekan beton optimum”. Penelitian ini menggunakan bahan-bahan untuk campuran beton normal yang terdiri dari air, semen, dan agregat kasar. air yang digunakan untuk mencampur beton diambil dari saluran PDAM. Untuk perekat hidrolik digunakan semen Portland tipe I berdasarkan SNI 15-2049-2000. Untuk mensubtitusikan limbah kulit kerang pada agregat kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi campuran yang menggunakan agregat kasar kulit kerang menghasilkan kuat tekan beton yang bervariasi, pada umur 28 hari campuran beton yang menggunakan 10% kulit kerang mengalami penurunan kuat tekan hingga 20,87 Mpa dari campuran beton normal yang kuat tekannya mencapai 27,72 Mpa. Dengan komposisi masing-masing agregat pada umur 7 dan 28 hari diperoleh kuat tekan beton yang dibuat menggunakan agregat kasar berupa 0% kulit kerang atau beton normal sebesar 30.08 Mpa dan 42.65 Mpa, campuran 5% kulit kerang sebesar 25.92 Mpa dan 33.18 Mpa, campuran 10% kulit kerang

sebesar 24.28 Mpa dan 32.11 MPa, campuran 15% kulit kerang sebesar 23.02 Mpa dan 34,92 Mpa

Lianasari dkk (2013), telah melakukan penelitian tentang “Penggunaan Limbah Bubur Kertas dan Fly Ash pada Batako”. Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan bahan-bahan bekas yang dapat didaur ulang seperti kertas bekas dan limbah fly ash untuk memproduksi batako dan mengetahui pengaruh limbah bubur kertas dan fly ash terhadap kuat tekan dan daya serap air pada batako. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental. Limbah bubur kertas Koran yang diberikan sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dari volume pasir dan digunakan pula fly ash sebanyak 10% dari berat semen dengan perbandingan 1PC:6PS, pengujian dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batako limbah kertas dengan bahan tambah fly ash 10% masuk kedalam kategori batako ringan karena memiliki berat volume diantara 1000-2000 kg/m³. Kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 50% dengan umur 56 hari yaitu sebesar 47,0474 kg/cm² lebih tinggi dari batako normal yang hanya memiliki kuat tekan sebesar 34,0582 kg/cm². Batako limbah kertas ini tergolong ke dalam batako dengan mutu A2 memenuhi syarat PUBI 1982. Hasil penyerapan air tertinggi pada batako limbah kertas dengan pozzolan fly ash 10% sebesar 22% lebih tinggi dari batako normal, namun serapan air yang terjadi masih memenuhi standar yang di tetapkan oleh PUBI 1982.

Trinugraha dkk (2018), telah melakukan penelitian tentang “Penambahan Serutan Besi terhadap Kuat Tekan Batako”. Salah satu alternatif karena ketersediaan material alam untuk bahan kontruksi sangatlah terbatas yang dicoba adalah limbah serutan besi sebagai material tambahan dalam campuran batako untuk menggantikan sebagian pasir, sehingga dapat mengurangi pemakaian pasir dan diharapkan dapat mengurangi limbah serutan besi. Penelitian dilakukan metode eksperimental dengan perbandingan 1: 6. Kemudian tambahkan serutan besi sebanyak 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dengan merubah ukuran standar batako menurut SNI menjadi ukuran 10 x 10 x 10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah serutan besi dalam campuran batako tersebut menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan. Prosentase kenaikan kuat tekan dari batako normal

adalah sebagai berikut 14,87%, 24,79%, 45,45%, dan 71,90%. Untuk kuat tekannya sendiri adalah batako normal umur 7 hari adalah sebesar 41,374 KN, nilai kuat tekan ini semakin naik berturut-turut sebesar 47,529 KN, 51,632 KN, 60,18 KN dan 71,123 KN pada penambahan limbah serutan besi 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Dari nilai kenaikan kuat tekan tersebut diperoleh batako yang termasuk ke dalam mutu I, II dan III sesuai syarat SNI 03-0349-1989.

Rozana, dkk (2019), telah melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Pecahan Cangkang Kerang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Uji Kuat Tekan Beton”. Tujuan penelitian ini mengetahui keefektifan penggunaan pecahan cangkang kerang sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% dan 100%. Penelitian ini menggunakan mix desain SNI 03 2834-2000 dengan benda uji silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm umur perawatan 28 hari. Hasil dari penelitian ini kuat tekan beton dengan substitusi pecahan cangkang kerang terhadap agregat halus dari 0% hingga 40% mengalami kenaikan. Sedangkan pada persentase 50% dan 60% memenuhi kuat tekan rencana yaitu sebesar 20 MPa. Nilai kuat tekan beton tertinggi terdapat pada persentase pecahan cangkang 40% dan terendah pada persentase 100%. Penggunaan pecahan cangkang kerang sebagai substitusi agregat halus efektif digunakan sebagai campuran beton dengan persentase 0%, 10%, 20%, 40%, 50% dan 60% karena memenuhi kuat tekan rencana yaitu sebesar 20 MPa. Namun pada persentase 70% dan 100% pecahan cangkang tidak efektif digunakan pada campuran beton dikarenakan kuat tekan beton yang dipakai tidak memenuhi kuat tekan rencana sebesar 20 MPa.

Kurniasih , dkk (2020), telah melakukan penelitian yang berjudul Studi Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas Dengan Penambahan Abu Arang Kayu Karet Terhadap Beton Porous. Tujuan penelitian ini menentukan pengaruh penambahan abu arang kayu karet sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen terhadap kuat tekan, permeabilitas dan porositas. penelitian ini menggunakan 30 sampel dengan umur pengujian beton porous 28 hari dan dimensi benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Dari hasil penelitian didapat nilai kuat tekan persentase

penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0% adalah 4,14 Mpa, persentase 5% adalah 4,23 Mpa, persentase 10% adalah 5,10 Mpa, persentase 15% adalah 4,52 Mpa, dan persentase 20 % adalah 4,43 Mpa. Nilai kuat tekan beton porous dapat memenuhi syarat menurut NRMCA, 2011 dan ACI 522R – 10. Porositas pada persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% telah memenuhi persyaratan menurut ACI 522R -10. Dan untuk permeabilitas beton porous dengan persentase penambahan abu arang kayu karet terhadap berat semen 0%, 5%, 10% dan 15% telah memenuhi syarat berdasarkan NRMCA,2011 dan ACI 522R -10, sedangkan persentase penambahan abu arang kayu karet 20% terhadap berat semen melewati persyarat permeabilitas. Sehingga penggunaan abu arang kayu karet efektif sampai dengan persentase 10% karena mengalami kenaikan dan kemudian mengalami penurunan hingga persentase 20%. Namun, untuk porositas dan permeabilitas mengalami penurunan.

2.3 Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini, Peneliti sebelumnya telah melakukan hal yang sama sehingga peneliti merasa tertarik untuk melakukan penelitian yang telah dilakukan, meskipun terdapat perbedaan yaitu bahan material dasar yang digunakan adalah pasir dari daerah Danau Bingkuang, bahan campuran yang digunakan yaitu limbah cangkang kerang dara sebagai pengganti sebagian agregat pasir, variasi pencampuran bahan 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% serta pengujian yang dilakukan pada penelitian yaitu pengujian kuat tekan dan daya serap air pada batako.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Batako

Batako merupakan bahan bangunan yang berupa bata cetak alternatif pengganti batu bata yang tersusun dari komposisi antara pasir, semen Portland dan air dengan perbandingan 1 semen : 7 pasir.

Batako merupakan sejenis batu cetak yang dibuat dari campuran tras, semen dan air pada keadaan *pollen* (lekat) dicetak menjadi balok – balok dalam ukuran tertentu. Menurut SNI 03-0349-1989 batako adalah komponen berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen porland, air dan agregat yang biasanya digunakan untuk pasangan dinding. Bentuk dari batako/ batu cetak itu sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu batako yang berlubang (*hollow block*) dan batako pejal (*solid block*) serta memiliki ukuran yang bervariasi (Misbachul Munir,2008).

Batako adalah bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis ditambah dengan agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih dari 25 % penampang batanya dan isi lubang lebih dari 25 % isi batanya (PUBI, 1982). Sementara PUBI (Persyaratan umum bahan bangunan di Indonesia) mendefinisikan batako seperti yang dikutip oleh Sunaryo adalah bata cetak yang dibuat dengan memelihara dalam suasana lembab dengan campuran tras, kapur dan air, atau tanpa bahan tambah lainnya.

Sunaryo Suratman (1995: 5) menambahkan bahwa batako atau batu cetak beton adalah elemen bahan bangunan yang terbuat dari campuran SP atau sejenisnya, pasir, air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Menurut Supribadi (1986) menyatakan bahwa batako adalah “semacam batu cetak yang terbuat dari campuran tras, kapur, dan air atau dapat dibuat dengan campuran semen, kapur, pasir dan ditambah dengan air yang dalam keadaan

pollen (lekat) dicetak menjadi balok-balok dengan ukuran tertentu”. Bentuk dari batako/batu cetak itu sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu batu cetak yang berlubang (*hollow block*) seperti tampak pada Gambar 3.1 dan batu cetak yang tidak berlubang (*solid block*) seperti tampak pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 1 Batu Cetak (Batako) Berlubang (Hollow Block)

Batako berlubang memiliki sifat penghantar panas yang lebih optimal dibandingkan dengan batako padat ketika menggunakan bahan dan ketebalan yang sama. Batako berlubang memiliki beberapa keunggulan dari batu bata, seperti beratnya hanya 1/3 dari batu bata dengan jumlah yang sama dan dapat disusun empat kali lebih cepat dan lebih kuat untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Batako memiliki keunggulan lain yaitu kedap panas (Muller, 2006).



Gambar 3. 2 Batu Cetak (Batako) Berlubang (Hollow Block)

Menurut pasal 18 PUBI 1982, batu cetak beton/batako adalah batu cetak (berlubang atau pejal) yang dibuat dari campuran semen portland, dan agregat halus yang sesuai serta diperuntukkan bagi pembuatan konstruksi-konstruksi dinding bangunan, baik yang memikul beban, maupun yang tidak memikul beban.

Dari beberapa pengertian di atas dapat ditarik kesimpulan tentang pengertian batako adalah salah satu bahan bangunan yang berupa batu-batuan yang pengerasannya tidak dibakar dengan bahan pembentuk yang berupa campuran pasir, semen, air, dan dalam pembuatannya dapat ditambahkan dengan bahan tambah lainnya (*additive*). Kemudian dicetak melalui proses pemadatan sehingga menjadi bentuk balok-balok dengan ukuran tertentu dan dimana proses pengerasannya tanpa melalui pembakaran serta dalam pemeliharaannya ditempatkan pada tempat yang lembab atau tidak terkena sinar matahari langsung atau hujan, tetapi dalam pembuatannya dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding (Wahyu anggoro,2014)

3.1.1 Sifat dan Jenis Batako

Sifat dan Jenis Batako dikelompokkan dalam :

1. Bata cetak beton, dibuat dari campuran semen portland (SP) dan pasir atau kerikil.
2. Batu cetak trass kapur, dibuat dengan campuran kapur padam dan trass.
3. Batu cetak tanah stabilisasi terdiri dari batu cetak semen + tanah (*solid cement*) dan batu cetak kapur + tanah (*line stabilized soil*).
4. Batu cetak kapur pasir (*sand-line brick*), yaitu batu cetak kapur pasir dibuat dari campuran kapur padam + pasir kwarsa, dikeraskan dengan tekanan uap tinggi.
5. Batu cetak beton ringan, yang dapat berupa:
 - a) batu cetak beton gas atau beton busa yang dibuat dari campuran kapur atau SP + digiling dengan pasir kwarsa + bubuk aluminium (bahan pembusa lain) dan dikeraskan seperti batu kapur, dan

- b) batu cetak beton dan beton apung, dibuat dari SP, pasir alami, kerikil, dan batu apung.

3.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Batako

Batako sebagai salah satu bahan penyusun dinding tentunya memiliki keunggulan dan kekurangan jika dibandingkan dengan bahan penyusun dinding lainnya. Beberapa kelebihan di antaranya adalah seperti berikut ini.

1. Praktis: pemasangannya sangat mudah 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 bangunan tidak perlu memotong batako tersebut. Selain memakan waktu kerja, juga dapat mempengaruhi kerapian bangunan nantinya.
2. Cepat: karena mudah pemasangannya, otomatis cepat waktu dalam pengerjaannya. Penghematan waktu artinya penghematan biaya untuk ongkos tukang.
3. Ekonomis: berkaitan dengan harga jika dibandingkan dengan kualitas bangunan dinding.

Selain memiliki kelebihan, batako juga memiliki beberapa kekurangan seperti berikut ini:

1. Dibutuhkan waktu yang lama dalam proses pembuatannya minimal selama 28 hari sebelum dipakai pada bangunan (PUBI-1982)
2. Mengingat ukurannya yang cukup besar dan proses pengerasannya cukup lama mengakibatkan banyak terjadi pecah pada saat pengangkutan batako tersebut.

3.1.3 Persyaratan Mutu Batako

Komposisi penyusunan batako sangat mempengaruhi kekuatan dari batako itu sendiri, antara lain seperti jenis semen dan pasir yang dipakai, dan perbandingan jumlah semen terhadap agregat dan air.

(SNI,1989) mutu batako tidak berlubang (pejal) dibedakan menjadi empat tingkatan mutu. Berikut ini merupakan penjelasan dari mutu I sampai mutu IV pada batako pejal :

1. Batako pejal mutu I adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban dan bisa digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung (diluar atap) seperti pagar.
2. Batako pejal mutu II adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap) seperti dinding dalam rumah.
3. Batako pejal mutu III adalah batako 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 tersebut boleh tidak diplester (di bawah atap) seperti dinding penyekat rumah.
4. Batako pejal mutu IV adalah batako yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari (harus diplester dan di bawah atap). Seperti dinding penyekat rumah.

Persyaratan fisis bata beton pejal dan bata beton berlubang menurut SNI 03-0349-1989 dapat dilihat pada Tabel 3.1 sedangkan persyaratan ukuran standar dan toleransi bata beton berlubang, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 1 Persyaratan Fisis Batako

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu pada beton pejal				Tingkat mutu pada beton berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan beton bruto rata-rata minimum	Kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu pada beton pejal				Tingkat mutu pada beton berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan beton bruto masing-masing benda uji minimum	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Sumber : (SNI 03-0349-1989)

Tabel 3. 2 Persyaratan Ukuran Standard dan Toleransi Batako

Jenis	Ukuran dan Toleransi (cm)		
	Panjang	Lebar	Tebal
Kecil	40 + 3 -5	19 + 3 - 5	10 ± 2
Besar	40 + 3 -5	19 + 3 - 5	20 ± 2

Sumber : (SNI 03-0349-1989)

3.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Mutu Batako

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi mutu bata beton berlubang (batako), antara lain:

1. Faktor Air Semen

Faktor air semen merupakan perbandingan berat air dan semen dalam suatu *mix design*. Faktor air semen ini sangat mempengaruhi *mix design* bata beton berlubang dalam hal kekuatan dan kemudahan pengerjaan (*workability*). Pada dasarnya nilai faktor air semen ini berkisar antara 0,3 sampai 0,6 atau disesuaikan dengan kondisi adukan agar mudah

dikerjakan. Kekuatan bata beton berlubang dapat berkurang jika kondisi di atas tidak dikerjakan.

Oleh karena itu, nilai faktor air semen yang dibutuhkan untuk memudahkan pembuatan bata beton berlubang ini dibuat pada batas kondisi adukan legas tanah, sehingga adukan ini dapat dipadatkan dengan optimal. Mengetahui hal tersebut, maka dalam pembuatan bata beton berlubang tidak memiliki patokan angka untuk faktor air semen, karena sangat bergantung dengan campuran penyusunannya (Sari, 2010).

2. Sifat Agregat

a. Kekerasan agregat

Batako memiliki kekerasan dan kekuatan yang tinggi, untuk itu diperlukan pula penggunaan agregat yang memiliki kekerasan yang tinggi pula. Kekerasan agregat bergantung pada kandungan silikanya, maka semakin tinggi kandungan silika yang ada pada agregat, semakin keras pula agregat tersebut.

b. Susunan besar butir agregat

Dalam pembuatan batako agregat yang digunakan haruslah tersusun dari berbagai macam ukuran (ukuran butir agregat tidak sama). Hal ini dapat mengurangi penggunaan air dan semen dalam pembuatannya, karena celah antar butiran yang agak besar dapat terisi oleh butiran yang lebih kecil. Ukuran butiran yang diperlukan adalah yang lebih besar dari saringan nomor 200 (0,074mm).

c. Kebersihan agregat

Kebersihan agregat sangat penting untuk diperhatikan, agregat tidak boleh mengandung zat organik, garam sulfat, lemak, lumpur dan sebagainya. Bahan organik dan lemak yang berlebihan dapat menghambat pengikatan semen dan agregat selain itu dapat menurunkan kekuatan bata beton berlubang. Sedangkan garam sulfat yang berlebih dapat menyebabkan keretakan pada bata beton berlubang.

3. Umur Batako

Seiring dengan bertambahnya umur bata beton berlubang, maka kuat tekannya pun bertambah tinggi. Sebagai standar kekuatan bata beton berlubang dipakai kekuatan pada umur 28 hari. Apabila diinginkan untuk mengetahui kekuatan bata beton berlubang pada umur 28 hari, maka dapat dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 3 atau 7 hari dan hasilnya dapat dikalikan dengan faktor tertentu untuk mendapatkan perkiraan kuat tekan bata beton berlubang pada umur 28 hari.

4. Kepadatan Batako

Kepadatan bata beton berlubang mempengaruhi kekuatannya, maka campurannya harus dibuat sepadat mungkin. Adanya kepadatan yang lebih ini dapat memungkinkan bahan menjadi semakin keras, serta untuk membantu merekatnya bahan campuran pembuatan bata beton berlubang dengan semen yang dibantu dengan air.

3.2 Material Penyusun Batako

Batako terdiri dari beberapa bahan material penyusun agar batako bisa dicetak dan digunakan. Berikut adalah material-material yang dibutuhkan untuk membuat batako:

3.2.1 Semen Portland

Semen Portland (PC) dibuat dari semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang terbuat dari batu kapur (CaCO_3) yang jumlahnya amat banyak serta tanah liat dan bahan dasar berkadar besi, terutama silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis ditambah dengan bahan yang mengatur waktu ikat (SNI 03-2847-2002).

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu masa yang kompleks/padat. Semen Portland dibuat dengan melalui beberapa langkah sehingga sangat halus dan memiliki sifat *adesif* maupun *kohesif*. Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung *calcium carbonat* atau batu gamping) dan

argillaceous (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu (Tjokrodimoeljo, 2004).

Semen Portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina dan oksidasi besi. Oksida-oksida tersebut saling berinteraksi sehingga terbentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan. Pada tabel 3.3, ditunjukkan komposisi kimia komponen yang ada di dalam semen Portland.

Tabel 3. 3 Komposisi Semen Portland

Oksida	Persen (%)
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5-6
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O	0,5-1

Sumber : (Kardiyono, 2007)

Klasifikasi Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi dalam 5 jenis, sebagai berikut :

- a. Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
- b. Jenis II : Untuk konstruksi umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- c. Jenis III : Untuk konstruksi - konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV : Untuk konstruksi - konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

- e. Jenis V : Untuk konstruksi - konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Kualitas Semen Portland secara fisik atau kimiawi tak dapat dilihat untuk mengetahui dan memahami mutu semen Portland, oleh sebab itu, harus memahami terlebih dahulu formulasi Semen Portland tersebut berdasarkan spesifikasinya. Spesifikasinya ini dapat bermakna persyaratan / keputusan yang harus dipenuhi Semen Portland jenis tertentu melalui pengujian kinerja yang mempergunakan alat pengujian khusus (Marzuki,2009)

3.2.2 Agregat

Agregat merupakan bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton yang biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80%. Agregat ini sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton yang dibentuknya, oleh karena itu pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/beton. Menurut Murdock LJ & KM Brook (1979), sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir dan lain-lain) 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. Adapun jenis-jenis agregat adalah sebagai berikut.

1. Agregat Biasa (Normal)

Agregat biasa sering digunakan pada beton biasa yang sering dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung yang tidak memiliki spesifikasi khusus. Agregat ini biasanya berasal dari agregat granit, 21 basalt, kuarsa dan sebagainya. Berat jenisnya berkisar antara 2,5 sampai 2,7 dengan beton yang dihasilkan memiliki berat jenis berkisar antara 2,3 sampai 2,5. Beton yang dihasilkan biasa disebut dengan beton normal.

2. Agregat Berat

Agregat jenis ini digunakan untuk menghasilkan beton atau dinding yang fungsinya adalah untuk menahan radiasi sinar X dan sering diterapkan pada bangunan rumah sakit. Berat jenis agregat berat lebih dari 2,8 dan dapat

menghasilkan beton dengan berat jenisnya tinggi (sampai 5). Sebagai contoh dari agregat ini adalah magnetic (Fe_3O_4), barytes (BaSO_4) atau serbuk besi.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan mempunyai berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton yang dihasilkan juga memiliki berat jenis yang lebih rendah dari beton biasa yaitu kurang dari 1,8. Beton ringan biasanya dipakai untuk elemen non-struktural ataupun elemen struktural-ringan. Salah satu keuntungannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga struktur pendukung dan pondasinya bisa lebih kecil. Agregat ini memiliki pori yang lebih banyak dari agregat lain sehingga daya serapnya jauh lebih besar. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan 2 jenis agregat yaitu agregat biasa (pasir) dan agregat ringan (pecahan cangkang kerang).

3.2.3 Agregat Halus (Pasir)

Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai oleh karena itu pasir dapat digolongkan dalam tiga macam yaitu pasir galian, pasir laut dan pasir sungai.

Agregat halus atau pasir adalah butiran alami yang mempunyai ukuran butir-butir kecil kurang dari 4,80 mm atau lolos dari lubang ayakan standar No. 4 (Nawy, 1990) sedangkan menurut Tjokrodimoeljo (2004), pasir adalah butiran-butiran mineral yang mempunyai diameter butir 0,15 mm sampai 5 mm.

Persyaratan mengenai mutu pasir menurut Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982 pasal 11 adalah seperti pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3. 4 Persyaratan Pasir Beton

Parameter	Persyaratan
Kandungan lumpur (lolos ayakan 0,063 mm)	$\leq 5 \%$

Parameter	Persyaratan
Berat jenis	2,4-2,9 gr/cm ³
Modulus halus butir	2,2-3,2
Kandungan zat organis	Warna larutan pasir tidak lebih gelap dari larutan standar

Sumber : (PUBI 1982)

Menurut (SK SNI-S-04-1989-F:28) disebutkan mengenai persyaratan agregat halus yang baik adalah sebagai berikut :

- a) Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan <2,2.
- b) Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - 1) Jika dipakai natrium sulfat bagian hancur maksimal 12%.
 - 2) Jika dipakai magnesium sulfat halus maksimal 10%.
 - 3) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan apabila pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- c) Pasir tidak boleh mengandung bahan – bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrans-Harder dengan larutan jenuh NaOH 3%.
- d) Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir –butir yang beraneka ragam.
- e) Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
- f) Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.
- g) Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan.

Penjabaran dari berbagai pengujian terhadap pasir adalah sebagai berikut.

1. Kadar Air

Pasir Kadar air adalah banyaknya air yang terkandung dalam pasir. Kadar air dapat dibedakan menjadi empat jenis : kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair; kadar air kering udara, yaitu kondisi permukaannya kering tetapi sedikit mengandung air dalam porinya dan masih dapat menyerap air; jenuh kering muka (*saturated surface dry*), yaitu keadaan dimana tidak ada air pada kondisi ini, air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton; kondisi basah, yaitu kondisi dimana butir-butir agregat banyak mengandung air, sehingga akan menyebabkan penambahan kadar air campuran beton. Dari keempat kondisi beton hanya dua kondisi yang sering dipakai yaitu kering tungku dan kondisi SSD (Tri Mulyono, 2003 : 89).

2. Gradasi Pasir

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah : 9,60; 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30 dan 0,15 mm. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa modulus halus butir (mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Modulus Halus Butir (Mhb) menunjukkan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persen kumulatif tertahan dibagi 100. Semakin besar nilai modulus halus butir (mhb) menunjukkan semakin besar butir-butir agregatnya. Pada umumnya nilai modulus halus butir (mhb) pasir berkisar antara 1,5-3,8 (Tjokrodimuljo, 1998 dalam Warih Pambudi). SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran

pasir dapat dibagi menjadi empat daerah atau zona, yaitu zona I (kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus) dan zona IV (halus), sebagaimana tampak pada Tabel 3.5

Tabel 3. 5 Syarat Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tembus Kumulatif (%)							
	Zone 1		Zone 2		Zone 3		Zone 4	
	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
10	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8	90	100	90	100	90	100	95	100
2,4	60	95	75	100	85	100	95	100
1,2	30	70	55	100	75	100	90	100
0,6	15	34	35	59	60	79	80	100
0,3	5	20	8	30	12	40	15	50
0,15	0	10	0	10	0	10	0	15

Sumber : (SNI 03-2834-1992)

3. Berat Jenis

Pasir Berat jenis pasir ialah rasio antara massa padat pasir dan massa air dengan volume dan suhu yang sama. Berat jenis pasir dari agregat normal adalah 2,0-2,7, berat jenis pasir dari agregat berat adalah lebih dari 2,8 dan berat jenis pasir dari agregat ringan adalah kurang dari 2,0 (Tjokrodinuljo, 2007).

Berat jenis pasir dapat dihitung dengan persamaan persamaan 1

$$\rho_{pasir} = \frac{W_4}{W_3 + W_0 - W_5} \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

dimana:

ρ_{pasir} = berat jenis pasir

W_0 = berat pasir jenuh kering muka (gram)

- W_3 = berat piknometer berisi air (gram)
 W_5 = berat piknometer berisi pasir + air (gram)
 W_4 = berat pasir dalam keadaan kering tungku (gram)

4. Berat Satuan Pasir

Berat satuan pasir adalah berat pasir dalam satu satuan volume. Berat satuan dihitung berdasarkan berat pasir dalam suatu bejana dibagi volume bejana tersebut, sehingga yang dihitung adalah volume padat pasir (meliputi volume tertutup dan volume pori terbukanya). Berat satuan pasir dari agregat normal adalah 1,50-1,80 gram/cm³ (Tjokrodinuljo, 2007).

Berat satuan pasir dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$\gamma_{\text{sat.pasir}} = \frac{W_2 - W_1}{V} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

- $\gamma_{\text{sat.pasir}}$ = berat satuan pasir (gram/cm³)
 W_1 = berat piknometer (gram)
 W_2 = berat piknometer berisi pasir (gram)
 V = volume piknometer (cm³)

5. Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur yang lolos saringan No. 200 (0,075) sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No. 200 dengan cara dicuci (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2017). Kadar lumpur yang sudah dilakukan pemeriksaan diharapkan mempunyai nilai < 5 %.

Hitung kadar lumpur dengan persamaan 3

$$\frac{B_1 - B_2}{(B_1)} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

B1 : Berat benda uji setelah di oven (gr)

B2 : Berat tetap benda uji (gr)

3.2.4 Air

Air adalah alat untuk mendapatkan kekecekan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang diperlukan untuk kekecekan tertentu tergantung pada sifat material yang digunakan (Nugraha, Paul & Antoni, 2007). Air merupakan bahan dasar dalam pembuatan beton yang penting dan juga paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen Portland dan menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan).

Air merupakan kebutuhan sangat penting bagi makhluk hidup. Air memiliki banyak fungsi, air digunakan sebagai proses metabolisme oleh organisme dan hasil metabolisme serta menjadi media transportasi nutrisi. Bagi manusia air diperlukan manusia untuk keperluan sehari-hari sehingga tidak terpungkiri terkadang keterbatasan persediaan air untuk pemenuhan kebutuhan seseorang menjadi pemicu timbulnya konflik sosial di masyarakat (Wiryo,2013).

Dalam penggunaannya, air yang diperlukan hanya sekitar 25-30 persen dari berat semen, namun dalam kenyataannya biasa dipakai lebih dari 40 persen yang berarti nilai faktor air semennya lebih dari 0,40. Hal ini dilakukan agar proses pengadukan beton dapat dikerjakan, semakin banyak air untuk pelumas maka adukan beton semakin mudah dikerjakan. Namun apabila terlalu banyak air juga akan berpengaruh jelek terhadap beton karena akan mengakibatkan porous setelah beton kering dan menyebabkan kekuatannya rendah. Air sebagai bahan bangunan harus memenuhi syarat-syarat dalam penggunaannya. Berikut merupakan standar SK-SNI-S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A.

- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.

- 3) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram per liter.
- 4) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram per liter. Khusus untuk beton pra-tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter.
- 5) Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO₂) lebih dari 0,05 gram per liter.

3.3 Cangkang Kerang

Kerang merupakan sekumpulan *moluska dwicangkerang* yang berasal dari *family cardidae* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang banyak dibudidayakan dan dijadikan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat yang hidup di daerah pesisir. Teknik pembudidayaan kerang mudah dikerjakan dan tidak memerlukan modal besar serta dapat dipanen setelah umur 6-7 bulan. Hasil panen kerang per hektar pertahun dapat mencapai 200-300 ton kerang utuh atau sekitar 60-100 ton daging kerang serta sangat menguntungkan sebagai kerja sampingan untuk masyarakat daerah pesisir.

Kerang adalah hewan molusca yang tidak bersegmen dan biasanya dilengkapi dengan kelenjar yang dapat menghasilkan cangkang, serta terbungkus oleh mantel yang terbuat dari jaringan khusus. Kerang merupakan salah satu komoditi perikanan yang telah lama dibudidayakan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat pesisir. Berdasarkan data Statistik Perikanan Tangkap Indonesia, produksi kerang di Indonesia pada tahun 2010 mencapai 34.929 ton (DJPT, 2011). Produksi kerang-kerangan di Indonesia yang cukup besar tentunya akan menghasilkan limbah kulit kerang yang besar pula. Sejauh ini, pemanfaatan kulit kerang hanya pada beberapa seperti sebagai pakan ternak, pembuatan terasi, kerupuk, bahan baku pembuatan kosmetik dan kerajinan tradisional (Permana, 2008).

Cangkang kerang merupakan cangkang dari hewan molusca yang banyak ditemukan di daerah muara dan pantai. Kandungan pada cangkang kerang ini

kalsium karbonat (CaCO_3) yang apabila dipanaskan akan berubah menjadi CaO dan melepaskan CO_2 ke udara, sehingga yang tersisa hanya CaO (kapur tohor) dan Si (silika) dimana kandungan tersebut merupakan komponen pembentuk semen selain Fe_2O_3 dan Al (Czernin, 1980).

Menurut syapoetri (2013) limbah kulit kerang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti kapur untuk pembuatan semen karena komposisi kimia dalam limbah kulit kerang yang telah mengalami proses pembakaran suhu $700\text{ }^\circ\text{C}$ menghasilkan kandungan CaO sebesar 55,10%. Hal ini sesuai dengan kandungan CaO yang terdapat pada semen alam yaitu sebesar 31,57% (Mulyono, 2003).

Selama ini pemanfaatan limbah kulit kerang hanya digunakan untuk kerajinan tangan serta perhiasan, padahal limbah kulit kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan yaitu zat kapur (CaO) sebesar 66,70%, alumina dan senyawa silika sehingga dapat dijadikan alternatif bahan pengganti semen untuk campuran bata beton (Siregar, 2009).

Limbah cangkang kerang memiliki komposisi kimia seperti kapur pada semen karena mengandung kalsium oksida (CaO 66,7%), alumina (Al_2O_3 1,25%), besi III oksida (Fe_2O_3 0,03%), magnesium oksida (MgO 22,38%), dan senyawa silikat (SiO_2 7,88%) (Siti, 2006).

3.3.1 Jenis Kerang

Berikut ini adalah beberapa contoh kerang yang ada, antara lain :

1. Kerang Pasir (*Anadara Polii*)

Seperti kerang pada umumnya, kerang Pasir merupakan jenis bivalvia yang hidup pada dasar perairan dan mempunyai ciri khas yaitu ditutupi oleh dua keping cangkang (valve) yang dapat dibuka dan ditutup karena terdapat sebuah persendian berupa engsel elastis yang merupakan penghubung kedua valve tersebut.



Gambar 3. 3 Kerang Anadara Polii

Kerang Pasir mempunyai dua buah cangkang yang dapat membuka dan menutup dengan menggunakan otot aduktor dalam tubuhnya. Cangkang pada bagian dorsal tebal dan bagian ventral tipis. Cangkang ini terdiri atas 3 lapisan, yaitu:

1. Periostrakum adalah lapisan terluar dari kitin yang berfungsi sebagai pelindung.
2. Lapisan prismatic tersusun dari kristal-kristal kapur yang berbentuk prisma.
3. Lapisan nakreas atau sering disebut lapisan induk mutiara, tersusun dari lapisan kalsit (karbonat) yang tipis dan paralel.

Puncak cangkang disebut umbo dan merupakan bagian cangkang yang paling tua. Garis-garis melingkar sekitar umbo menunjukkan pertumbuhan cangkang. Mantel pada pelecypoda berbentuk jaringan yang tipis dan lebar, menutup seluruh tubuh dan terletak di bawah cangkang.

Beberapa kerang ada yang memiliki banyak mata pada tepi mantelnya. Banyak diantaranya mempunyai banyak insang. Umumnya memiliki kelamin yang terpisah, tetapi diantaranya ada yang hermaprodit dan dapat berubah kelamin.

Kakinya berbentuk seperti kapak pipih yang dapat dijulurkan keluar. Kaki kerang berfungsi untuk merayap dan menggali lumpur atau pasir. Kerang bernafas dengan dua buah insang dan bagian mantel. Insang ini berbentuk lembaran-lembaran (lamela) yang banyak mengandung batang insang. Antara tubuh dan mantel terdapat rongga mantel yang merupakan jalan keluar masuknya air.

Kerang ini menghuni kawasan Indo-Pasifik dan tersebar dari pantai Afrika timur sampai ke Polinesia. Hewan ini gemar memendam dirinya ke dalam pasir atau lumpur dan tinggal di mintakat pasang surut. Panjang dewasanya berukuran 5 sampai 6 cm dan lebar 4 sampai 5 cm.

2. Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Kerang darah (*Anadara Granosa*) adalah sejenis kerang yang biasa dimakan oleh warga Asia Timur dan Asia Tenggara. Anggota suku Arcidae ini disebut kerang darah karena ia menghasilkan hemoglobin dalam cairan merah yang dihasilkannya.

Budidaya kerang darah sudah dilakukan dan ia memiliki nilai ekonomi yang baik. Meskipun biasanya direbus atau dikukus, kerang ini dapat pula digoreng atau dijadikan satai dan makanan kering ringan. Seperti dijadikan kripik kerang yang biasanya menjadi makan khas dari sebuah wilayah. Namun ada pula yang memakannya mentah.



Gambar 3. 4 Kerang Anadara Polii

Kerang darah merupakan salah satu jenis kerang yang mempunyai nilai ekonomis penting dan disukai masyarakat. Kerang darah mempunyai rasa yang guring karena mengandung lemak dan kadar protein yang tinggi. Komposisi kimia kerang dara (*Anadara* sp.) adalah air 83%, lemak 0.91%, protein 10.33% dan kadar abu 1.84% Kerang darah yang telah dewasa yang berukuran diameter 4 cm dapat memberikan sumbangan energi sebesar 59 kalori serat mengandung 8 gram protein, 1.1 gram lemak, 3.6 gram karbohidrat, 133 mg kalsium, 170 mg fosfor, 300 SI vitamin A dan 0.01 mg vitamin B1.

Kerang ini menghuni kawasan Indo-Pasifik seperti negara India, Srilangka, negara Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Philipina dan Thailand. Panjang dewasanya berukuran 5 sampai 6 cm dan lebar 4 sampai 5 cm.

3. Kerang Bulu (*Anadara Antiquata*)

Kerang *anadara antiquata* merupakan salah satu spesies penting di Indonesia dan juga di Asia Tenggara. Kerang ini hidup berasosiasi dengan beberapa spesies kerang lainnya antara lain *A. granosa* (LINNAEUS, 1758), *A. indica* (GMELIN, 1791) dan *A. inequialuis* (BRUGUIERE, 1784). Pengetahuan mengenai biologi jenis kerang ini sangat terbatas karena kerang ini kurang populer dibandingkan dengan kerang anadara yang lainnya. Ciri khas dari kerang ini adalah mempunyai bentuk cangkang yang hampir membulat dengan ukuran panjang 3–4 cm dengan banyak bulu.

Kedua keping cangkang pada bagian dalam ditautkan oleh sebuah otot aduktor anterior dan sebuah otot aduktor posterior, yang bekerja secara antagonis dengan *hinge ligament*. Ketika otot aduktor rileks, ligament berkerut maka kedua keping cangkang akan terbuka, demikian sebaliknya. Guna mempererat sambungan keping cangkang, di bawah *hinge ligament* terdapat gigi atau tonjolan pada keping yang satu.



Gambar 3. 5 Kerang Anadara Polii

Kerang *Anadara Antiquata* dapat tumbuh dengan baik pada zona perairan litoral dan sublitoral dengan tipe perairan yang tenang, terutama di teluk berpasir

dan berlumpur sampai pada kedalaman 30 m tetapi yang biasa dijadikan tempat hidup adalah daerah litoral dimana daerah tersebut masih terkena pasang surut.

Anadara Antiquata atau sering disebut kerang bulu adalah jenis kerang yang termasuk ke dalam famili *Arcidae*. Distribusi *A. pilula* tersebar di wilayah pantai Indo-Pasifik seperti negara India, Srilangka, negara Asia Tenggara seperti Indonesia, Malaysia, Philipina dan Thailand hingga Selatan Queensland. Distribusi kerang ini bergantung pada jenis sedimen yang terdapat pada dasar dan zona perairan.

3.4 Kuat Tekan

Kuat tekan (*Compressive strength*) adalah suatu bahan yang merupakan perbandingan besarnya beban maksimum yang dapat ditahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut (Mariq R.2009). Kuat tekan batako mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu batako yang dihasilkan. Batako harus dirancang porsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan merata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, batako yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya batako dengan kuat tekan yang lebih rendah dari seperti yang telah disyaratkan.

Bentuk dan ukuran benda uji akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan. Dalam SNI 03-1974-1990 disebutkan bahwa benda uji standar yang dapat digunakan dalam uji kuat tekan beton adalah silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Meskipun demikian, tidak tertutup kemungkinan untuk menggunakan bentuk dan ukuran benda uji yang lain, dengan konsekuensi harus dilakukan koreksi terhadap nilai hasil pengujian yang diperoleh.

Ukuran benda uji tidak boleh kurang dari 3 kali ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan untuk meminimalisasi pengaruh ketidak seragaman bahan beton dalam benda uji. Menurut SNI 03-2493-1991 tentang Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Laboratorium, diameter benda uji silinder tidak

boleh kurang dari 5 cm. Untuk benda uji berbentuk silinder, disyaratkan panjang silinder sama dengan 2 kali diameter silinder. Oleh karena beton merupakan bahan komposit dari berbagai bahan penyusun yang kekuatannya tidak sama, ada kecenderungan semakin besar benda uji, kekuatannya semakin mendekati kekuatan bahan penyusun yang terendah. Dengan demikian, semakin besar benda uji, semakin kecil kekuatan tekannya.

Untuk menghitung besarnya kuat tekan dipergunakan persamaan matematis berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang bahan (cm²)

Tegangan maksimum baik tegangan tekan maupun tegangan tarik dapat terjadi pada penampang normal terhadap beban. Membagi beban dengan luas berarti tidak memberikan tegangan pada semua titik pada luas penampang, terutama hanya menetapkan tegangan rata-rata. Kuat Tekan dapat dihubungkan dengan besar kecilnya porositas produk. Porositas adalah ukuran ruang kosong diantara material atau volume ruang kosong terhadap total volume. Porositas dapat terjadi akibat adanya gelembung-gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan. Gelembung ini bisa timbul karena adanya pemakaian air yang berlebihan pada saat pembuatan produk (Daru, 2013).

3.5 Daya Serap Air

Daya serap air adalah besar kecilnya penerapan air oleh batako yang sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga yang terdapat pada batako tersebut. Semakin banyak pori-pori yang berada pada batako maka akan semakin besar pula

penyerapan air yang terjadi, sehingga dapat menyebabkan ketahanan pada batako akan berkurang. Rongga (pori-pori) yang terdapat pada batako terjadi karena kurang tepatnya kualitas dan komposisi campuran material yang digunakan. rasio yang terlalu besar dapat menghasilkan rongga yang disebabkan karena adanya air yang tidak dapat bereaksi dan kemudian menguap dan menghasilkan rongga (Sipayung.M.1995).

Kualitas mutu batako tidak hanya dari segi kuat tekannya saja, akan tetapi harus memiliki daya serap air yang rendah. Karena hal tersebut akan sangat mempengaruhi umur batako. Semakin tinggi daya serap air, maka semakin besar resiko terjadinya dispersi antar ikatan unsur-unsur pembentuk batako serta besar kemungkinan tumbuhnya lumut pada permukaan batako yang disebabkan adanya kelembaban yang tinggi. Tumbuhnya lumut dapat mengakibatkan semakin cepat pelapukan unsur-unsur pembentuk batako yang akhirnya batako menjadi rapuh dan mudah hancur. Tingginya daya serap air juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti:

- 1) banyaknya pengotor yang terkandung dalam agregat (pasir) seperti tanah, lempung, dan bahan-bahan organik lainnya.
- 2) tingginya porositas batako karena kurangnya daya tekan pada saat pembuatan batako serta pengaruh dari suhu pengeringan yang tinggi.

Persentase penyerapan air dapat dilihat pada persamaan :

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Dengan :

W_b = berat basah dari sampel (gr)

W_k = berat kering dari sampel (gr)

BAB IV

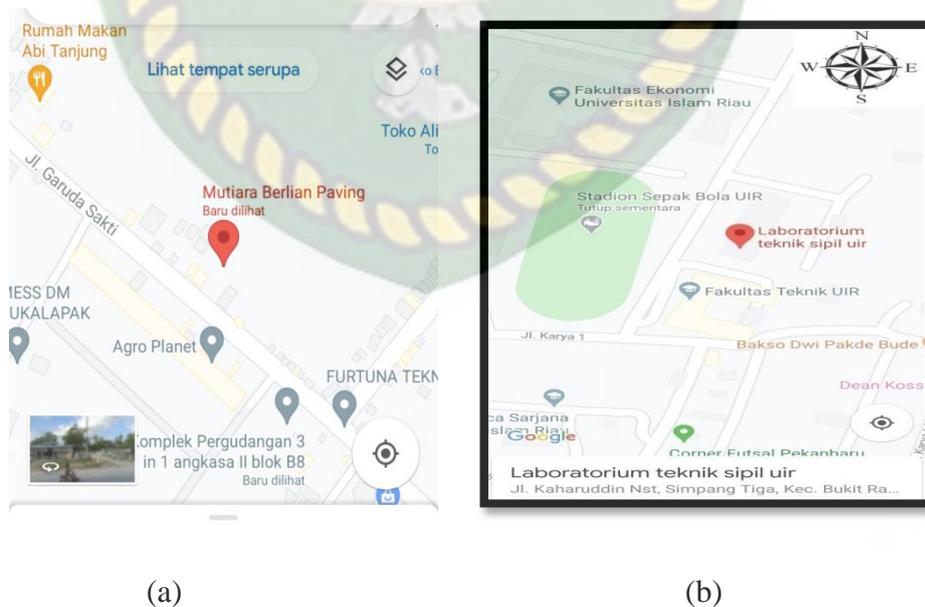
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini tentang pengujian kuat tekan yang dihasilkan dan pengaruh terhadap daya serap air pada batako dengan campuran Pecahan Cangkang Kerang dara sebagai pengganti sebagian pasir. Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu Semen Padang, Pasir Danau Bingkuang dan limbah pecahan cangkang kerang dara.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan dilaboratorium Teknologi Bahan dan Beton Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Pekanbaru. Pada laboratorium peneliti melakukan pemeriksaan material, uji analisa saringan, uji berat jenis dan uji kuat tekan. Sedangkan untuk *mix design*, pencetakan dan perawatan dilakukan pada pabrik pembuatan batako Mutiara Berlian Jl. Garuda Sakti, air hitam, Pekanbaru.



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Penelitian (a) Pembuatan Batako dan (b) Pengujian Material dan Batako

4.3 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan melakukan penelitian dilaboratorium dan pabrik batako yang mengacu pada SNI 03-0349-1989 dengan benda uji batako pejal/padat sebanyak 30 sampel. Dimana ukuran batako ialah 30 x 10 x 15 cm berjumlah 6 benda uji untuk pengujian kuat tekan batako menggunakan 3 sampel dan 3 sampel untuk pengujian daya serap air pada setiap penambahan Cangkang Kerang 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari sebagian pasir. Pengujian kuat tekan batako dan daya serap air pada batako dilakukan perawatan selama 28 hari.

4.4 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut ini adalah beberapa bahan dan peralatan yang harus disiapkan untuk membuat sampel benda uji.

4.4.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Alat-alat pemeriksaan material

- a). Cawan

Cawan digunakan sebagai tempat/wadah serta pemisah material saat dilakukan pemeriksaan.



Gambar 4. 2 Cawan (Dokumentasi pribadi, 2021)

- b). Saringan/ayakan

Ayakan dan mesin penggetar digunakan untuk memeriksa gradasi pasir. Ayakan yang digunakan merk TATONAS. Susunan lubang untuk ayakan pasir, berturut-turut adalah : 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 0,60 mm; 0,30 mm dan 0,15 mm serta dilengkapi dengan tutup.



Gambar 4. 3 Cawan (Dokumentasi pribadi, 2021)

c). Koran

Koran digunakan sabagai tempat media pengeringan pasir yang telah direndam untuk pemeriksaan berat jenis.



Gambar 4. 4 Cawan (Dokumentasi pribadi, 2021)

d). *Picnometer*

Picnometer adalah labu ukur yang digunakan untuk menghilangkan kadar udara pada saat dicampurkandengan air pada pemeriksaan berat jenis.



Gambar 4. 5 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

- e). Kerucut kuningan
 Kerucut kuningan digunakan untuk mengetahui kering permukaan jenuh pada pasir.



Gambar 4. 6 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

- f). Timbangan digital
 Timbangan digunakan untuk menentukan/ menimbang bahan penyusun dari batako



Gambar 4. 7 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

g). Oven pengering

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat pada pengujian gradasi agregat dan densitas.



Gambar 4. 8 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

h.) Wadah

Wadah digunakan untuk mencari berat isi agregat halus dan kasar. Wadah yang peneliti gunakan berbentuk silinder yang terbuat dari baja dengan tinggi 155 mm dan diameter 158 mm.



Gambar 4. 9 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

i.) Alat-alat pembuatan sampel

a). Cangkul dan sekop

Cangkul dan sekop digunakan untuk pengadukan dan penuangan mortar kedalam cetakan batako.



Gambar 4. 10 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

b). Bak air

Bak air digunakan sebagai tempat penampung air dan tempat perendaman batako untuk mengetahui daya serap air pada batako.



Gambar 4. 11 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

c). Ember

Ember digunakan sebagai tempat mengambil air yang di gunakan untuk membuat adukan mortar.



Gambar 4. 12 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

d). Mesin cetakan batako

Mesin cetakan yang digunakan adalah mesin cetak batako sistem getar (*vibrator*).



Gambar 4. 13 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

j.) CCM (*Concrete Compression Machine*)

Alat yang digunskan untuk melakukan pengujian pada kuat tekan batako.



Gambar 4. 14 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

4.4.2 Bahan

Bahan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen Padang dengan kemasan 50 kg.



Gambar 4. 15 Picnometer (Dokumentasi pribadi, 2021)

b. Pasir

Pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos ayakan nomor 4.



Gambar 4. 16 Pasir (Dokumentasi pribadi, 2021)

- c. Air
Air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air bersih yang terdapat di tempat pembuatan sampel dan pengujian sampel.
- d. Kerang
Kerang yang digunakan adalah Kerang Dara yang sudah berbentuk cacahan halus sebagai pengganti penggunaan sebagian pasir.



Gambar 4. 17 kerang (Dokumentasi pribadi, 2021)

4.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan

Meliputi semua persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pemeriksaan dan pengujian pada penelitian seperti izin peminjaman laboratorium, persiapan material, bahan tambah dan persiapan semua alat yang akan digunakan dalam penelitian.

2. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material yang dilakukan terdiri dari analisa saringan, berat isi, berat jenis dan kadar lumpur.

3. Perencanaan Campuran Benda Uji

Perencanaan campuran benda uji meliputi komposisi yang akan digunakan pada pembuatan benda uji yang mengacu pada SNI-03-0349-1989 (bata beton untuk pemasangan dinding)

4. Pembuatan Benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan menggunakan mesin cetak batako jenis getar (*vibrator*) tipe padat 30 x 10 x 15 cm.

5. Perawatan

Perawatan batako dilakukan sesuai dengan umur beton normal yaitu 28 hari umur perawatan dengan melakukan penyiraman (*curing*) 1 kali dalam 3 hari.

6. Pemotongan Benda Uji

Pemotongan batako dilakukan dengan menggunakan mesin pemotong beton, dipotong menjadi bentuk kubus dengan ukuran 9 x 9 x 9 cm.

7. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin kuat tekan CCM (*concrete compression machine*).

8. Pengujian Daya Serap Air

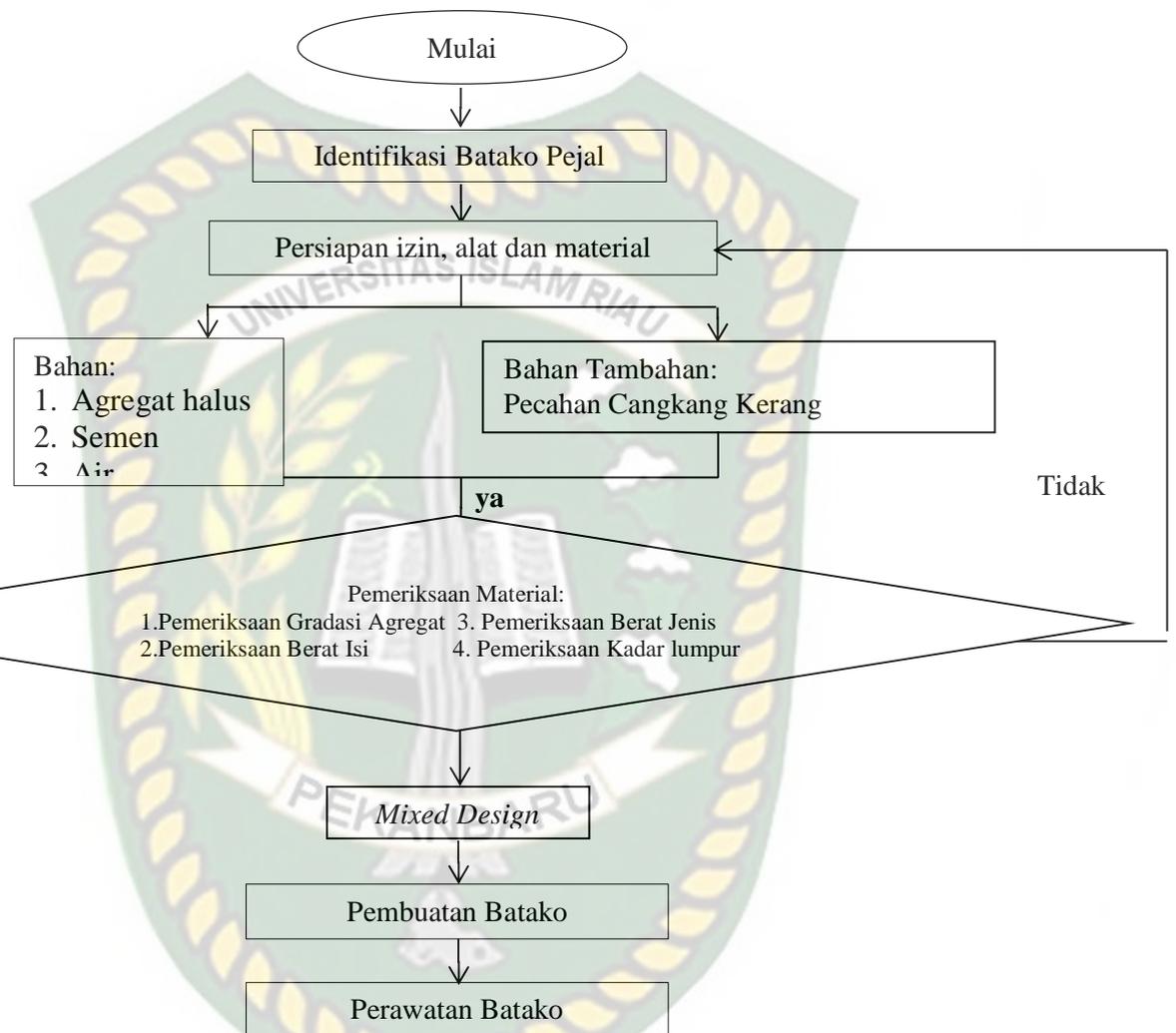
9. Analisa dan Pembahasan

Menganalisa benda uji dari campuran Pecahan Cangkang Kerang sebagai pengganti sebagian pasir.

10. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran akan didapat setelah pengujian selesai dilakukan dan didapatkan hasil analisa dan pembahasan yang telah diuraikan oleh peneliti.

Tahapan pelaksanaan penelitian dalam bentuk bagan dapat dilihat pada gambar 4.18



Gambar 4. 18 Diagram Alir Penelitian

4.6 Prosedur Kerja

Tahapan Analisis adalah tahap-tahap pembuatan dan pengujian batako dari pemeriksaan bahan material pembuatan batako hingga yang terakhir yaitu pengujian uji kuat tekan pada batako dan pengujian daya serap air pada batako. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan data untuk dianalisis.

4.6.1 Pengujian Agregat

Sebelum pembuatan benda uji maka akan dilakukan pemeriksaan terhadap agregat yang digunakan untuk menentukan layak atau tidaknya agregat tersebut digunakan.

A. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradajsi) agregat halus dengan menggunakan saringan.

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu 110° C, hingga berat tetap.
- 2) Ayakan (saringan) disusun menurut susunan dengan lubang ayakan yang paling besar ditaruh paling atas kemudian secara berurutan lubang yang lebih kecil di bawahnya.
- 3) Agregat dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas.
- 4) Diayak agregat yang telah masuk ke dalam ayakan dengan tangan atau alat penggetar hingga jelas bahwa agregat telah terpisah satu sama lain. Ayakan ini diguncang selama kurang lebih 15 menit.
- 5) Agregat yang tertinggal di dalam masing-masing ayakan dipindahkan ke wadah yang lain atau kertas. Ayakan dibersihkan terlebih dahulu dengan sikat agar tidak ada butir-butir agregat yang tertinggal dalam ayakan.
- 6) Agregat kemudian ditimbang satu sama lain. Penimbangan sebaiknya dilakukan secara kumulatif yaitu dari butiran yang kasar terlebih dahulu, kemudian ditambahkan dengan butiran yang lebih halus hingga semua butir ditimbang. Berat agregat dicatat pada setiap kali penimbangan.



Gambar 4. 19 Pengujian Analisa Saringan (Dokumentasi pribadi, 2021)

B. Pengujian Analisa Saringan Pecahan Cangkang Kerang Dara

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) Pecahan Cangkang Kerang Dara dengan menggunakan saringan.

1. Ayakan (saringan) disusun menurut susunan dengan lubang ayakan yang paling besar ditaruh paling atas kemudian secara berurutan lubang yang lebih kecil dibawahnya.
2. Pecahan Cangkang Kerang Dara yang sudah dikeringkan dibawah sinar matahari langsung hingga benar-benar kering dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas.
3. Diayak Pecahan Cangkang Kerang Dara yang telah masuk ke dalam ayakan dengan tangan atau alat penggetar hingga jelas bahwa agregat telah terpisah satu sama lain. Ayakan ini diguncang selama kurang lebih 15 menit.
4. Pecahan Cangkang Kerang yang tertinggal didalam masing-masing ayakan dipindahkan ke wadah yang lain atau kertas. Ayakan dibersihkan terlebih dahulu dengan sikat agar tidak ada butir-butir agregat yang tertinggal dalam ayakan.
5. Pecahan Cangkang Kerang Dara kemudian ditimbang satu sama lain. Penimbangan sebaiknya dilakukan secara kumulatif yaitu dari butiran yang kasar terlebih dahulu, kemudian ditambahkan dengan butiran yang lebih halus hingga semua butir ditimbang. Berat limbah Cangkang Kerang dicatat pada setiap kali penimbangan. Penimbangan juga

dilakukan dengan hati-hati agar semua butir tidak ada yang tidak ditimbang. Dalam penelitian ini Cangkang Kerang Dara yang dipakai adalah Cangkang kerang dara yang lolos saringan no. 4



**Gambar 4. 20 Pengujian Analisa Saringan Pecahan Cangkang Kerang
(Dokumentasi pribadi, 2021)**

C. Pengujian Berat Jenis

Berat jenis ini digunakan untuk mendapatkan berat jenis efektif dari campuran batako.

- 1) Dikeringkan benda uji dalam oven hingga dicapai berat tetap, lalu dinginkan pada suhu ruangan kemudian rendam dalam air selama 24 jam (1 hari).
- 2) Dibuang air perendam secara hati-hati dan perlahan hingga tidak ada butiran yang hilang, tebarkan agregat halus diatas talam, keringkan benda uji dengan cara membalik-balikkan benda uji hingga dicapai kering permukaan jenuh.
- 3) Diperiksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpancung, hingga keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda runtuh tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 4) Setelah kering permukaan jenuh tercapai, dimasukkan 500 gram benda uji kedalam picnometer. Masukkan air suling hingga mencapai 90% dari isi picnometer, putar sambil diguncang hingga tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Cara kerja ini juga dapat menggunakan pipa hampa hisap, tetapi perhatikan jangan sampai ada air yang terhisap.

- 5) Direndam picnometer yang berisi air dan ukur suhu air untuk menyesuaikan perhitungan standar 250 C.
- 6) Ditambahkan air hingga mencapai tanda batas.
- 7) Ditimbang picnometer yang berisi air dan benda uji.
- 8) Dikeluarkan benda uji lalu keringkan dalam oven sampai menacapai berat tetap, kemudian keringkan dalam desikator.
- 9) Setelah benda uji dingin, lalu ditimbang (BK).
- 10) Ditentukan berat picnometer yang berisi air penuh, ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 250 C (B).



Gambar 4. 21 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Dokumentasi pribadi, 2021)

D. Pengujian Kadar Lumpur

kadar lumpur ialah merupakan cara menetapkan banyak kandungan lumpur (tanah atau debu) terutama dalam pasir secara teliti (Diktat praktikum teknologi bahan dan beton, 2016). Langkah-langkah pengujian kadar lumpur pada agregat:

- 1) Ditimbang wadah tanpa benda uji.
- 2) Benda uji dimasukkan kedalam cawan, lalu dikeringkan didalam oven mencapai berat tetap selama 24 jam. Kemudian pasir ditimbang beratnya (B1).
- 3) Dimasukan air pencuci kedalam wadah sehingga benda uji terendam.
- 4) Diaduk benda uji dalam wadah hingga menghasilkan pemisahan yang sempurna antara butir-butir kasar dan halus lainnya, yang lolos saringan

No.200 (0,075 mm), diusahakan bahan yang halus tersebut melayang di dalam air pencucian hingga mempermudah pemisahannya.

- 5) Dibuang air pencucian tersebut dan hati-hati supaya benda uji yang dicuci tidak ikut terbang.
- 6) Diulangi langkah kerja No 3, No 4, dan No 5 sehingga tuangan air pencuci terlihat jernih.
- 7) Kemudian dikeringkan benda uji di dalam oven hingga mencapai berat tetap dan timbang benda uji tersebut hingga mencapai ketelitian 0,1% dari berat contoh (B2).



Gambar 4. 22 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Dokumentasi pribadi, 2021)

4.6.2 Pembuatan Benda Uji (Batako)

Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancangan campuran (*Mix Design*). Perencanaan rancangan campuran adalah penentuan komposisi masing-masing bahan penyusun batako yaitu semen, pasir, air dan Pecahan Cangkang Kerang sebagai pengganti sebagian pasir.

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimental dengan komposisi 1 semen : 6 pasir yang selanjutnya dikonversikan kedalam perbandingan volume. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah perencanaan kebutuhan bahan per adukan dalam membuat 30 buah sampel batako. Sedangkan kebutuhan limbah Cangkang Kerang sebagai bahan substitusi dari pasir adalah dengan menghitung setiap campuran terhadap volume pasir yang telah dihitung sebelumnya. Rencana

perhitungan bahan penyusun batako dapat dilihat dibawah ini dengan menggunakan rumus SNI 03-0349-1989.

a. Volume batako untuk 1 buah batako adalah:

- 1) Panjang = 30 cm
- 2) Lebar = 10 cm
- 3) Tinggi = 15 cm
- 4) Volume = $P \times L \times T$
 $= 30 \times 10 \times 15 = 4500 \text{ cm}^3 = 0,0045 \text{ m}^3$

Untuk menghindari bahan yang hilang pada saat pengecoran maka dilakukan safety factor (SF) = 1,2, Maka volume untuk satu buah batako adalah :

- 1) V. satu buah batako = $0,0045 \times 1,2 = 0,0054 \text{ m}^3$
Maka bahan untuk satu batako dengan volume $0,0054 \text{ m}^3$ sebagai berikut:
- 2) Semen = $0,0054 \text{ m}^3 \times 250 \text{ kg/m}^3 = 1,35 \approx 1,4 \text{ kg}$

Tabel 4. 1 Perbandingan Kebutuhan Bahan 1 Buah Batako untuk Setiap Variasi

No	Persentase Pencampuran (%)	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Cangkang kerang (Kg)
1	0	1,4	8,4	0
2	2,5	1,4	8,19	0,21
3	5	1,4	7,98	0,42
4	7,5	1,4	7,77	0,63
5	10	1,4	7,56	0,84

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Dari tabel 4.1 didapat perbandingan *mix desain* untuk satu buah batako normal yaitu 1(pc) : 6 (ps) dengan kebutuhan bahan 1,4 kg semen dan pasir 8,4 kg tanpa campuran cangkang kerang.

- b. Hitungan kebutuhan bahan material untuk 6 buah batako pada setiap variasi pencampuran

Kebutuhan semen, pasir dan Cangkang kerang untuk:

- 1) Batako Normal (Tanpa Penggunaan Pecahan Cangkang Kerang)

$$\text{Semen} = 1,4 \times 6 = 9,6 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 8,4 \times 6 = 50,4 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 0,7 \times 6 = 4,2 \text{ L}$$

- 2) Batako Dengan Penggunaan 2,5% Pecahan Cangkang Kerang sebagai Pengurangan Pasir

$$\text{Semen} = 1,4 \times 6 = 9,6 \text{ kg}$$

$$\text{Cangkang Kerang} = \frac{2,5}{100} \times 8,4 = 0,21 \text{ kg}$$

$$\text{Total Cangkang} = 0,21 \times 6 = 1,26 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 8,4 - 0,21 = 8,19 \text{ kg}$$

$$\text{Total Pasir} = 8,19 \times 6 = 49,14 \text{ kg}$$

Tabel 4. 2 Hitungan Kebutuhan Bahan Material untuk 6 Buah Batako

No	Persentase Pencampuran (%)	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	Cangkang Kerang (Kg)
1	0	9,60	50,40	0
2	2,5	9,60	49,14	1,26
3	5	9,60	47,88	2,52

4	7,5	9,60	46,62	3,78
5	10	9,60	45,36	5,04
	Jumlah	38,40	239,4	12,6

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Berdasarkan Tabel 4.2, maka jumlah bahan material yang dibutuhkan untuk *mix desain* sebanyak 30 sampel adalah semen sebanyak 38,4 kg, pasir sebanyak 239,4 kg dan Pecahan Cangkang Kerang yang dibutuhkan sebanyak 12,6 kg. Jadi jumlah batako yang akan dibuat untuk dilakukan pengujian kuat tekan dan daya serap airnya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Jumlah Benda Uji

No	Variasi Pencampuran	Pengujian Batako	Jumlah benda uji
1	0%	Uji Kuat Tekan	3
		Daya Serap Air	3
2	2,5%	Uji Kuat Tekan	3
		Daya Serap Air	3
3	5%	Uji Kuat Tekanan	3
		Daya Serap Air	3
4	7,5%	Uji Kuat Tekanan	3
		Daya Serap Air	3
5	10%	Uji Kuat Tekanan	3
		Daya Serap Air	3

No	Variasi Pencampuran	Pengujian Batako	Jumlah benda uji
	Jumlah		30

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Berdasarkan tabel 4.3, dapat dilihat benda uji akan dibuat sebanyak 6 buah sampel pada setiap variasi dengan variasi campuran 0%, 2,5%, 5% 7,5% dan 10%. Jadi sampel yang dibutuhkan adalah 30 buah sampel dengan 15 buah sampel untuk pengujian uji kuat tekan dan 15 sampel lagi untuk pengujian daya serap air. Setelah semua kebutuhan bahan material dan jumlah benda uji yang akan dibuat diketahui, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan batako. Langkah-langkah pembuatan batako adalah:

1. Menyiapkan alat-alat serta menyediakan bahan campuran batako yaitu semen, pasir, air dan kapur;
2. Membersihkan semua alat yang akan digunakan agar tidak ada bahan-bahan lain yang dapat mempengaruhi campuran batako;
3. Melakukan pengecekan pada mesin pencetak yang akan digunakan.
4. Mencampurkan semua bahan campuran batako yang telah ditakar hingga campurannya homogen dan periksa bahan yang telah dicampur apakah sudah memenuhi kriteria perencanaan;
5. Meletakkan alas pada batako tepat dibawah cetakan batako, pastikan cetakan batako dengan alas untuk batako telah terpasang rapat agar adonan bisa padat dengan merata;
6. Mengolesi permukaan cetakan dengan minyak oli agar adukan tidak melekat pada cetakan dan memudahkan saat pelepasan batako dari cetakan;
7. Menuangkan adonan material kedalam cetakan menggunakan sekop;
8. Menggetarkan mesin cetakan batako, apabila menurun maka isi cetakan hingga rata dan tidak terjadi penurunan lagi;
9. Batako yang telah selesai dicetak diletakkan ditempat yang telah disediakan sampai batako mengeras dibawah sinar matahari sampai kering;

10. Jika batako sudah mengering dan dilakukan perawatan berupa penyiraman air minimal 2 hari sekali;

Untuk membuat sampel yang dicampur dengan Pecahan Cangkang Kerang menggunakan cara yang sama dengan pembuatan batako normal yang di atas. Perbedaannya terletak pada penambahan Pecahan Cangkang Kerang pada campuran batako. Batako yang telah dicetak dapat dilihat pada gambar 4.23.



Gambar 4. 23 Batako yang Akan Dilakukan Pengujian (Dokumentasi pribadi, 2021)

4.6.3 Pengujian Batako

A. Uji Kuat Tekan

Sebelum melakukan pengujian kuat tekan batako maka sesuai dengan ketentuan yang ada dalam pengujian tekan benda uji kubus, benda yang di uji harus memiliki sisi-sisi yang sama sehingga batako yang akan di uji harus dipotong agar memiliki sisi yang sama. Pemotongan dilakukan dengan ukuran semua sisinya 9 cm. Setelah dilakukan pemotongan selanjutnya bisa dilakukan pengujian kuat tekannya. Langkah-langkah dalam pengujian kuat tekan dilakukan sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat-alat yang diperlukan dalam pengujian seperti alat untuk pencatatan, timbangan dan gerobak sebagai tempat benda uji setelah dilakukan pengujian
2. Pengecekan alat pengujian alat kuat tekan CCM (*concrete compression machine*), pastikan semua berfungsi dengan baik.

3. Menyiapkan benda uji batako yang sudah di potong menjadi bentuk kubus ukuran 9 x 9 cm;
4. Menimbang dan mencatat berat benda uji batako untuk masing-masing sampel yang akan diuji kuat tekannya dan meletakkan benda uji batako pada alat uji kuat tekan.
5. Mengatur jarum alat kuat tekan CCM (*concrete compression machine*) tepat pada posisi nol dan memompa kompresor dengan menekan tuas naik-turun secara kontinu sampai benda uji mengalami pecah atau hancur.
6. Mencatat besarnya nilai beban tekan maksimum yang terbaca pada jarum alat kuat tekan CCM (*concrete compression machine*), kemudian keluarkan benda uji tersebut.
7. Mengulang kegiatan 2 sampai 4 dengan menggunakan bahan batako pada kode sampel komposisi yang sama.
8. Mengulang kegiatan 2 sampai 6 dengan menggunakan bahan batako pada kode sampel komposisi yang berbeda.

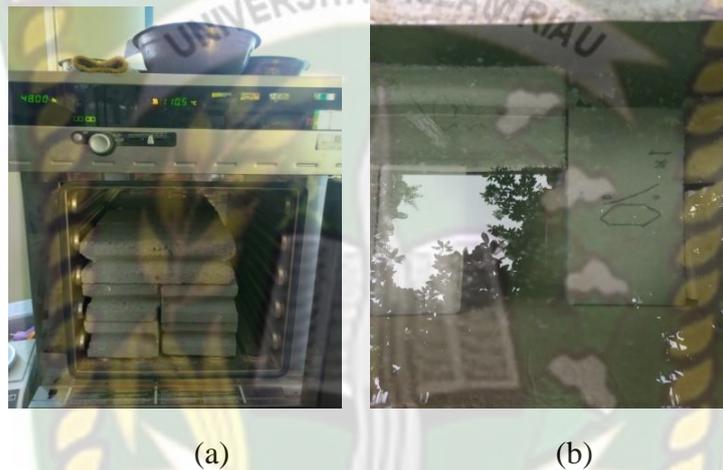


Gambar 4. 24 Pengujian Uji Kuat Tekan Batako (Dokumentasi pribadi, 2021)

B. Daya Serap Air (*Water Absorption*)

Perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui besarnya penyerapan air dari batako berpori yang telah dibuat. Prosedur pengukuran penyerapan air adalah sebagai berikut.

1. Sampel yang telah berumur 28 hari dan dalam kondisi kering udara dimasukkan kedalam oven dengan suhu $110,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
2. Setelah di oven 24 jam maka sampel harus dikeluarkan dan didinginkan
3. Jika sampel sudah dingin maka timbang berat batako kering oven (W_1).
4. Kemudian dilanjutkan dengan merendam sampel selama 24 jam,
5. Setelah 24 jam angkat batako kemudian timbang beratnya (W_2)



Gambar 4. 25 Pengujian Daya Serap Air (a) Tahap Pengeringan dan (b) Tahap Perendaman (Dokumentasi pribadi, 2021)

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Batako dengan campuran limbah cangkang kerang dara merupakan batako yang dibuat dengan tujuan untuk membuat batako ringan (*aerated concrete*). Bahan penyusun dari batako sendiri terdiri pasir, semen, air, dan limbah cangkang kerang dara. Dalam proses pembuatannya diperlukan waktu pengeringan (*ageing*) yang dilakukan selama 28 hari. Setelah waktu pengeringan (*ageing*) selesai maka batako diuji sesuai dengan pengujian dalam penelitian yang meliputi kuat tekan, dan daya serap air. Berikut adalah hasil pemeriksaan bahan penyusun batako dan pengujian batako.

5.1 Air

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F, air harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual. Setelah dilakukan pengamatan secara visual yang dilakukan terhadap air di Pabrik Batako “Mutiar Berlian” Jalan Garuda Sakti Pekanbaru, yang akan digunakan dalam pembuatan batako menunjukkan sifat-sifat yang sesuai dengan SK-SNI-S-04-1989-F antara lain air tidak berwarna, tidak berbau, tidak mengandung minyak, lumpur dan benda terapung lainnya sehingga air tersebut dianggap memenuhi syarat sebagai bahan campuran batako.

5.2 Semen

Semen merupakan bahan perekat yang biasa digunakan pada beton, adukan mortar, plesteran, bahan penambal, adukan encer (*grout*) dan sebagainya. Pemeriksaan terhadap semen meliputi:

a. Keadaan Kemasan Semen

Pengujian secara visual mengenai keadaan kemasan semen yang digunakan masih baik, tidak terdapat cacat pada kemasan (*robek kemasan*), keadaan kemasan kering serta keadaan semen dalam kemasan masih gembur

atau tidak memadat (dilakukan dengan cara memijat semen dalam kemasan).

b. Keadaan Butiran Semen

Pengujian keadaan butiran semen dilakukan dengan membuka kantong semen kemudian dilihat secara visual mengenai keadaan butiran semen. Dari hasil pengamatan terlihat semen yang digunakan masih dalam keadaan baik atau tidak ada butiran yang menggumpal.

5.3 Agregat Halus

Pemeriksaan terhadap pasir yang telah dilakukan antara lain: pemeriksaan berat jenis, berat satuan, gradasi dan kandungan lumpur dalam pasir. Dari hasil pemeriksaan diperoleh hasil sebagai berikut.

5.3.1 Pemeriksaan Gradasi Pasir

Gradasi agregat halus (pasir) dapat dibedakan menjadi empat jenis menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar (Tjokrodinuljo, 2007). Untuk mengetahui gradasi pasir maka dilakukan pengujian terlebih dahulu.

Data: Berat cawan (Q) = 74,4 gr
 Agregat + cawan = 1194,5 gr Berat agregat = 1120,5 gr

Tabel 5. 1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Danau Bingkuang

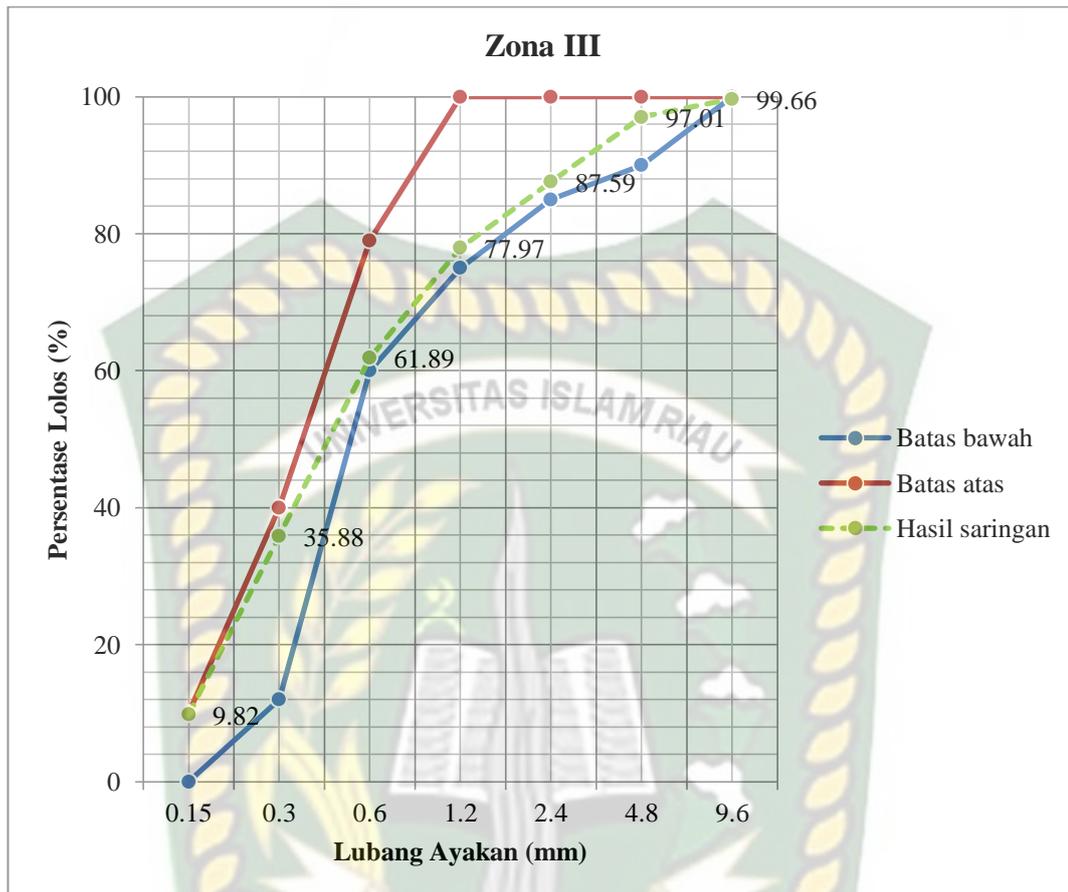
Nomor Saringan (lubang ayakan)	Berat tertahan di saringan + cawan (gram)	Berat tertahan di saringan (gram)	Berat tertahan di saringan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)	Berat lolos saringan kumulatif (%)
	1½" (38,1 mm)	74.4	0	0.00	0.00

1" (25,4 mm)	74.4	0	0.00	0.00	100.00
¾" (19 mm)	74.4	0	0.00	0.00	100.00
½" (12,7 mm)	74.4	0	0.00	0.00	100.00
3/8" (9,6 mm)	78.2	3.8	0.34	0.34	99.66
No#4 (4,8 mm)	107.9	33.5	2.99	2.99	97.01
No#8 (2,4 mm)	180	105.6	9.42	12.41	87.59
No#16 (1,2 mm)	182.1	107.7	9.61	22.03	77.97
No#30 (0,6 mm)	254.6	180.2	16.08	38.11	61.89
No#50 (0,3 mm)	365.9	291.5	26.02	64.12	35.88
No#100 (0,15 mm)	366.4	292	26.06	90.18	9.82
No#200 (0,075 mm)	126.8	52.4	4.68	94.86	5.14
Jumlah		1066.7	95.20	325.04	

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus Halus Butir (MHB)} &= \frac{\sum \text{Berat Tertahan kumulatif}}{100} \\
 &= \frac{325,04}{100} \\
 &= 3,25
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian pada Tabel 5.1 menunjukkan bahwa nilai MHB adalah sebesar 3,25. Angka tersebut sesuai dengan syarat modulus halus butir yaitu 1,5 – 3,8. Hal ini menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan cukup baik untuk menghasilkan beton mutu tinggi secara optimal. Untuk melihat grafik gradasi agregat halus yang telah didapatkan hasilnya pada tabel 5.1 masuk kedalam gradasi golongan I, II, III atau IV dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir Danau Bingkuang

Gradasi yang dihasilkan dari pengujian gradasi agregat halus berada dalam golongan gradasi agregat halus zona III yaitu gradasi dengan jenis pasir agak halus. Jika gradasi agregat halus sesuai dengan persyaratan, maka agregat halus tersebut dapat digunakan sebagai material beton.

5.3.2 Pemeriksaan Berat Satuan Agregat

Pemeriksaan berat satuan terhadap pasir Danau Bingkuang dilakukan dengan membandingkan berat terhadap volume bejana. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume pasir dalam kondisi padat dan keadaan lepas. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Hasil Pemeriksaan Berat Satuan Pasir Danau Bingkuang

No	Uraian	Agregat Halus	
		Kondisi lepas	Kondisi padat
1	Berat bersih (gr)	5200	5400
2	Volume wadah (cm ³)	3023,86	3023,86
3	Berat satuan (gr/cm ³)	1,73	1,79

(Sumber: Hasil Analisa)

Berdasarkan Tabel 5.2 hasil pemeriksaan didapatkan nilai berat satuan pasir Danau Binkuang yaitu pada kondisi lepas sebesar 1,73 gr/cm³ dan berat satuan kondisi padat sebesar 1,79 gr/cm³ dengan selisih 0,05 gr/cm³ lebih berat untuk yang kondisi padat.

5.3.3 Pemeriksaan Berat Jenis

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton. Jadi, berat jenis pasir akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri.

Berat jenis adalah nilai perbandingan antara massa dan volume dari bahan yang kita uji. Sedangkan penyerapan berarti tingkat atau kemampuan suatu bahan untuk menyerap air. Jumlah rongga atau pori yang didapat agregat disebut porositas. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat lebih jelas pada tabel 5.3

Tabel 5. 3 Tabel Berat Jenis Pasir Danau Binkuang

No	Parameter	Agregat halus
----	-----------	---------------

1	Berat jenis curah (bulk)	3,65
2	Berat jenis SSD	3,99
3	Berat jenis semu	3,78
4	Tingkat penyerapan air	9,24
5	Resapan efektif (Re)	8,46
6	Berat air serapan max	6537,8

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Berdasarkan dari Tabel 5.3 hasil pengujian berat jenis pasir cor Danau Bingkuang, dapat dilihat bahwa agregat halus telah memenuhi persyaratan SNI-1970-1990 yaitu berat jenis curah (bulk) pada pasir cor Danau Bingkuang mendapatkan nilai sebesar 3,65 keduanya memiliki nilai $> 2,25$, berat jenis SSD menghasilkan nilai $3,99 > 2,26$, serta berat jenis semu yang menghasilkan nilai $3,78 > 2,62$. Maka ditinjau berdasarkan berat jenisnya pasir cor Danau Bingkuang dapat dipakai dalam pembuatan batako.

5.3.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur

Menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur maksimum pasir adalah 5%. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus ini dapat dilihat dari tabel berikut ini.

Tabel 5. 4 Hasil Pemeriksaan Kadar lumpur

No	Uraian	Berat agregat halus (gr)
1	Berat tempat	75,5
2	Berat benda uji kering sebelum dicuci (3 - 1)	816,3

No	Uraian	Berat agregat halus (gr)
3	Berat benda uji kering sebelum dicuci + berat tempat	891,8
4	Berat benda uji kering sesudah dicuci + berat tempat	702,3
5	Berat benda uji kering sesudah dicuci (4 - 1)	772,8
6	Persentase kadar lumpur $\{(2 - 5 / 2) \times 100\}$	5,3%

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Dari hasil pengujian maka diperoleh kadar lumpur pada pasir sebesar 5,3%. Apabila melihat SK-SNI-S-04-1989-F, kadar lumpur maksimum pasir adalah 5%, sehingga pasir Danau Bingkuang dapat digunakan sebagai bahan campuran batako. Untuk kadar lumpur lebih dari 5%, pasir perlu dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan beton.

Dari semua hasil pemeriksaan terhadap agregat halus Danau Bingkuang dapat disimpulkan bahwa agregat halus Danau Bingkuang masuk kedalam syarat dan layak untuk digunakan sebagai material dalam pembuatan batako.

5.4 Kuat Tekan (Compressive Strength)

Pengujian kuat tekan beton pada dasarnya dilaksanakan setelah umur mencapai 28 hari karena pada umur ini kekuatan beton telah mencapai 100%. Pada penelitian ini, pengujian batako dilakukan pada umur 28 hari untuk mengetahui kuat tekan batako dari interval umur 28 hari pengujian tersebut. Hubungan antara kuat tekan batako dengan variasi penggunaan limbah Cangkang Kerang dan umur batako dapat dilihat pada tabel 5.5.

Dari hasil penelitian kuat tekan batako, maka dapat dibuat tabel nilai rata-rata kuat tekan batako yang menunjukkan pengaruh penggunaan limbah

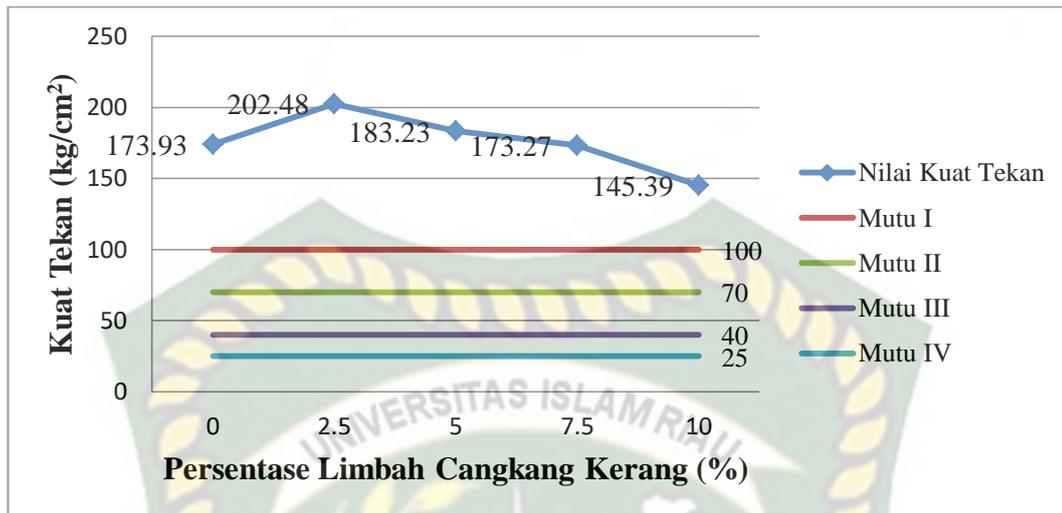
Cangkang Kerang sebagai pengurangan pasir terhadap kuat tekan batako pada umur 28 hari.

Tabel 5. 5 Kuat Tekan Rata-rata Batako dengan Penggunaan limbah Cangkang Kerang

No	Variasi Pencampuran Cangkang Kerang (%)	Kuat Tekan (kg/ cm ³)	Mutu Batako (Kelas)	Keterangan
1	0	173,93	I	$\geq 100 \text{ kg/ cm}^2$
2	2,5	202,48	I	$\geq 100 \text{ kg/ cm}^2$
3	5	183,23	I	$\geq 100 \text{ kg/ cm}^2$
4	7,5	173,27	I	$\geq 100 \text{ kg/ cm}^2$
5	10	145,39	I	$\geq 100 \text{ kg/ cm}^2$

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Berdasarkan Tabel 5.5 , dapat diketahui bahwa penggunaan limbah Cangkang Kerang sebagai substitusi pasir dapat mengurangi nilai kuat tekan pada batako. Grafik penurunan nilai kuat tekan dapat dilihat pada gambar 5.2



Gambar 5. 2 Pengaruh Variasi Penggunaan Limbah Canggang Kerang dara terhadap Kuat Tekan Batako

Berdasarkan gambar 5.2 kuat tekan batako menggunakan Limbah Canggang Kerang Dara terdapat pada mutu batako kelas I, dan dapat diketahui bahwa penggunaan limbah Canggang Kerang dara sebagai substitusi pasir mempengaruhi kuat tekan batako sehingga mengalami penurunan. Dan bisa disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan Limbah Canggang Kerang dara maka kuat tekan pada batako akan semakin kecil.

Pada batako yang dibuat tanpa menggunakan limbah Canggang Kerang dara (100% volume pasir) dan batako dengan campuran 2,5%, 5%, 7,5% dan 10 % memiliki nilai kuat tekan rata-rata. Batako ini dapat dikategorikan sebagai batako dengan mutu kelas I, hal ini dapat dilihat menurut SNI-03-0348-1989, yaitu kuat tekan rata-rata untuk bata beton pejal (batako) mutu I adalah 100 Kg/cm² dalam SNI-03-0348-1989.

5.5 Daya Serap Air (Water Absorption)

Pengujian daya serap air pada batako dilaksanakan dengan cara batako (bata beton pejal) dioven pada suhu 110,5°C selama 1 x 24 jam, kemudian direndam air selama 24 jam. Hal ini berdasarkan pada pendapat Neville (1977), (Suroso, 2001) yang menyatakan bahwa serapan air akan mencapai angka ekstrim apabila

pengeringan dilakukan pada suhu tinggi, karena akan menghilangkan kandungan air dalam beton, sedangkan pengeringan pada suhu biasa tidak mampu mengeluarkan seluruh kandungan air.

Pengujian penyerapan air benda uji batako dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 3 buah untuk masing-masing variasi penambahan, Jadi jumlah benda uji yang akan dilakukan pengujian sebanyak 15 buah.

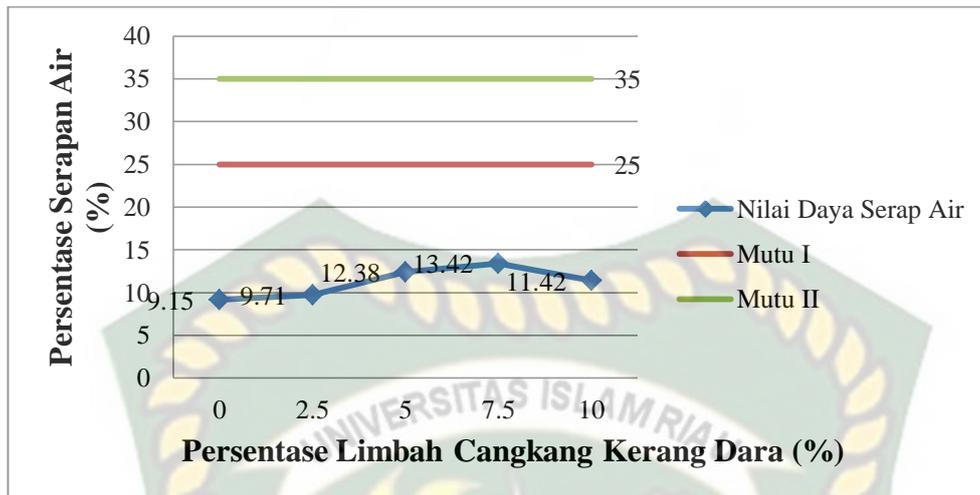
Dari hasil penelitian kuat tekan batako, maka dapat dibuat tabel nilai rata-rata daya serap air yang menunjukkan pengaruh penggunaan limbah Cangkang Kerang Dara sebagai pengurangan pasir terhadap daya serap air pada batako yang berumur 28 hari.

Tabel 5. 6 Nilai Rata-rata Daya Serap Air pada Batako

No	Variasi Pencampuran Cangkang Kerang (%)	Rata-rata Persentase Serapan (%)	Mutu Batako (Kelas)	Keterangan (Batas)
1	0	9,15	I	$\leq 25\%$
2	2,5	9,71	I	$\leq 25\%$
3	5	12,38	I	$\leq 25\%$
4	7,5	13,42	I	$\leq 25\%$
5	10	11,42	I	$\leq 25\%$

Sumber: (Hasil Analisa Penelitian, 2021)

Berdasarkan Tabel 5.6 , dapat diketahui bahwa penggunaan limbah Cangkang Kerang Dara sebagai substitusi pasir dapat meningkatkan daya serap air pada batako. Grafik peningkatan daya serap air yang terjadi pada batako dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut.



Gambar 5. 3 Pengaruh Variasi Penggunaan Cangkang Kerang Dara terhadap Daya Serap Air pada Batako

Berdasarkan gambar 5.3 dapat diketahui bahwa penggunaan limbah Cangkang Kerang sebagai substitusi sebagian pasir, mengakibatkan daya serap air batako mengalami kenaikan. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar penggunaan Cangkang Kerang maka nilai daya serap air yang didapat akan semakin besar pula.

Terlihat bahwa nilai penyerapan air pada batako yang mempunyai campuran semen, pasir dan limbah Cangkang Kerang Dara yang dikeringkan selama waktu pengeringan 28 hari adalah berkisar antara 9,15-11,42% dan semuanya masuk kedalam mutu batako kelas I yaitu kurang dari 25% sesuai dengan SNI 03-0349-1989 yang dapat dilihat pada tabel 3.1. Batako yang dibuat tanpa menggunakan Cangkang Kerang (100% volume pasir) dan batako dengan variasi 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dikeringkan selama 28 hari memiliki penyerapan air sebesar 9,15%, 9,71%, 12,38%, 13,42%, dan 11,42%.

Berdasarkan hasil pengujian yang didapat, batako dengan penggunaan limbah Cangkang Kerang sebagai substitusi pasir memiliki daya serap air yang tinggi. Faktor yang membuat daya serap air semakin tinggi ketika penggunaan limbah Cangkang Kerang untuk mengurangi penggunaan pasir semakin banyak

adalah kurangnya pengikat antar material antara semen, pasir, air dan cangkang sehingga terdapatnya rongga-rongga pada batako yang bisa memicu air untuk masuk dan diserap oleh batako. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat perbandingan antara batako normal dan batako dengan penggunaan limbah Cangkang Kerang setelah perendaman selama 24 jam.

Pada lampiran B dapat dilihat bahwa batako normal memiliki bentuk padat dan sangat kokoh yang mengakibatkan kurangnya penyerapan air pada saat dilakukannya perendaman karena air tersebut tidak masuk kedalam batako secara maksimal. Untuk perbandingannya dapat dilihat pada gambar 5.4.



Gambar 5. 4 Batako Menggunakan Limbah Cangkang Kerang Dara

Pada gambar 5.4 dapat dilihat bahwa batako dengan penggunaan limbah Cangkang Kerang sebagai pengganti sebagian pasir memiliki fisik yang tidak padat dan memiliki rongga-rongga sehingga air pada saat batako dilalukan perendaman dapat masuk dan diserap oleh batako secara maksimal melewati rongga-rongga tersebut. Tingginya porositas juga dapat disebabkan kurangnya daya tekan pada saat pembuatan batako serta pengaruh dari suhu pengeringan yang tinggi. Hal inilah yang mengakibatkan daya serap air pada batako meningkat ketika Cangkang Kerang digunakan sebagai pengganti sebagian pasir karena Cangkang Kerang memiliki sifat sulit merekat pada bahan material yang lain sehingga pada saat pencetakan, batako yang dihasilkan tidak padat dan memiliki rongga-rongga.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian penggunaan Cangkang Kerang sebagai pengganti sebagian pasir mempengaruhi nilai kuat tekan menjadi menurun pada setiap variasinya. Semakin besar variasi penggunaan Cangkang Kerang maka nilai kuat tekan yang didapat semakin menurun. Kuat tekan batako yang mengalami kenaikan terdapat pada variasi 2,5% senilai 202,48 dan yang mengalami penurunan terdapat pada variasi 10% senilai 145,39 kg/cm³. Semua masih tergolong kedalam mutu batako kelas I dengan kuat tekan minimum 100 kg/cm² sesuai dengan SNI 03-0349-1989.
2. Pengujian terhadap Daya serap air yang dihasilkan mengalami kenaikan pada setiap variasinya dari variasi 0% - 7,5% penggunaan limbah Cangkang Kerang. Semakin besar variasi penggunaan Cangkang Kerang maka semakin besar pula daya serap air yang didapat. Daya serap air terbesar terdapat pada batako dengan variasi 7,5% yaitu sebesar 13,42% dan daya serap air terkecil terdapat pada variasi 0% yaitu sebesar 9,15%. Namun semuanya masih tergolong kedalam mutu batako kelas I karena memiliki nilai penyerapan air maksimum dibawah dari 25% sesuai SNI-03-0348-1989 yang menyatakan klasifikasi bata beton pejal (batako).

6.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan terkait dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

1. Sebaiknya pendiaman batako dilakukan secara bervariasi misalnya 7 hari, 14 hari dan 28 hari, agar dapat diketahui apakah faktor waktu dapat mempengaruhi nilai kuat tekan dan daya serap air pada batako.
2. Untuk kedepannya peneliti bisa melakukan pengeringan Cangkang kerang dara dengan cara dibakar sebagai pengganti agregat pasir
3. Sebagai langkah pengembangan dari penelitian ini, maka perlu dipelajari tentang bahan campuran dari limbah lainnya selain Cangkang Kerang agar menghasilkan produk yang berkualitas tinggi.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan pengujian tidak hanya pada kuat tekan dan daya serap air saja, namun juga nilai kuat tarik lentur dan modulus elastisitas.



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Jln. Kaharudin Nasution No. 113 Perhentian Marpoyan
Pekanbaru Kode Pos 28284 Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *PUBI-1982 Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*. Jakarta.
- FAUZIAH, NUR AINI (2017) *analisis kuat tekan dan daya serap air pada batako dengan bahan tambah limbah gypsum*. Bachelor thesis, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO.
- Frick, Heinz dan Ch Koesmartadi. 1999. *Ilmu Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Haris, H. (2020). *Studi pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai agregat kasar pada beton normal*. *Tolis Ilmiah*
- Trinugraha,S.D., Darma,Eko., Sylviana, Rika.,** *Penambahan Serutan Besi terhadap Kuat Tekan Batako*. UNIVERSITAS ISLAM “45”
- Kurniasih, S., Dewi S. H., Harmiyati H., 2020, “*Studi Kuat Tekan, Porositas dan Permeabilitas Dengan Penambahan Abu Arang Kayu Karet Terhadap Beton Porous*”Pekanbaru : Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
- Laboratorium Teknologi Bahan/Beton. 2019. *Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*. Laporan Praktikum. TEKNIK. Teknik sipil. Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Edisi Kedua.Yogyakarta: ANDI
- Perdana, T., Dewi S. H., Mildawati, R.,2019, “*Pengaruh Pemanfaatan Abu Batang Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Campuran Beton*”, Journal JGEET Vol. 4 No. 03 (2019)