

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR SEBAGAI PEREDUKSI SEMEN DALAM CAMPURAN BETON BERPORI RAMAH LINGKUNGAN (*GREEN PERVIOUS CONCRETE*)

Oleh :

FADIA AQILLA HAYYA AL-BANJARI

DAB 113 043



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

PALANGKA RAYA

2018

**PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR SEBAGAI PEREDUKSI
SEMEN DALAM CAMPURAN BETON BERPORI RAMAH
LINGKUNGAN (*GREEN PERVIOUS CONCRETE*)**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

FADIA AQILLA HAYYA AL-BANJARI

NIM. DAB 113 043

Disetujui dalam Sidang Tugas Akhir

Pembimbing I,



ANANDA, S.T., M.T.

NIP. 19721223 199702 2 002

Pembimbing II,



OKTAM

S.T., M.T.

NIP. 19770505 200501 2 022

Mengetahui :

Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil,



HAIKI MARI YUPI, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19740303 200012 1 001

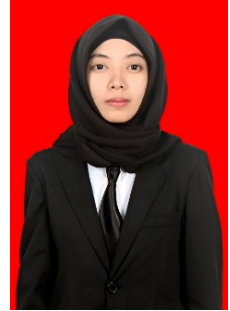
SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh bahwa skripsi/tugas akhir saya belum pernah dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Juli 2018
Yang membuat pernyataan

FADIA AQILLA HAYYA AL-BANJARI
NIM. DAB 113 043

BIODATA PENULIS



Data Pribadi

Nama : FADIA AQILLA HAYYA AL-BANJARI
NIM : DAB 113 043
Tempat, Tgl Lahir : Palangka Raya, 05 Mei 1995
Status : Belum Menikah
Pekerjaan : Mahasiswi
Alamat : Jl. G. Obos 7 Gg. 4 Palangka Raya
Nama Ayah : ZAENAL HAKIM HT. AL-BANJARI
Pekerjaan Ayah : Wiraswasta
Nama Ibu : TITIN SUMARNI AMAN
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga

Riwayat Pendidikan*)

SD : SDI DARUTTASLIM, Sampit, 2007
SLTP : MTsN Sampit, Sampit, 2010
SLTA : MAN Sampit, Sampit, 2013
S-1 : Memulai perkuliahan sejak Agustus 2013

Aktivitas Organisasi

- Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya (2014 – 2017)
- FLP Kalteng (2014-2017)

Palangka Raya, Juli 2018
Yang Membuat Pernyataan,

FADIA AQILLA HAYYA AL-BANJARI
NIM. DAB 113 043

*) Nama Sekolah, tempat, tahun lulus

- Lembar Persembahan -

Segala puji bagi ALLAH SWT. Tuhan semesta alam.

Atas karunia NYA lah hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Shalawat serta salam kepada Baginda Nabi Muhammad SAW.

Serta rasa terimakasih tidak lupa saya ungkapkan kepada :



Ibunda tercinta Titin Sumarni Aman

Ayahanda, Zaenal Hakim HT. Al-Banjari

Si kembar Hasan, Hussein, serta Neza dan Alim Al-Banjari

Tara Jacky sahabat yang selalu menemani.

Ka Tomy yang ngajarin perhitungan analisis data.

Gian Harry, ka teman satu geng "DTEWE"

Ka Zainul, ka Edrix, dan ka Nuke teman satu perjuangan di KSK Struktur

Dosen pembimbing Bu Frieda dan Bu Okta tercinta yang selalu mendukung

perjuangan. Serta dosen penguji Pak Mar dan Pak Lilik yang memberikan

banyak masukan

Pak Waluyo yang membimbing akademik dari awal semester hingga lulus

kuliah, juga Pak Suran dan Pak Haiki sang mentor dibalik perjuangan ini.

Teman-teman angkatan 2009, 2010, 2011, 2012, dan 2013.

Rekan-rekan yang telah terlibat membantu.

Guns N'Roses, Queen, Nirvana, Dream Theater, Bon Jovi, Duran Duran, Mr.

Big, Westlife, Metallica, dan Dewa 19 yang selalu menemani hari-hari ku

dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.

Serta Sang Maestro Detektif Sir Arthur Conan Doyle dan Agatha Christie
yang menginspirasi.

Semoga Semuanya Diberikan Kesehatan Dan Kebahagiaan

Selalu...

RINGKASAN

PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR SEBAGAI PEREDUKSI SEMEN DALAM CAMPURAN BETON BERPORI RAMAH LINGKUNGAN (*GREEN PERVIOUS CONCRETE*). Fadia Aqilla Hayya Al-Banjari, 2018, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Perkembangan pembangunan di Indonesia yang kian pesat tidak sedikit mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan, salah satunya yaitu berkurangnya lahan hijau dan daerah resapan air. Salah satu cara atau gagasan yang dapat dilakukan dalam bidang teknik sipil untuk menyelesaikan masalah ini yaitu mengembangkan penerapan beton lolos air atau beton berpori (*pervious concrete*) pada berbagai konstruksi seperti drainase perkotaan, *sidewalk*, area parkir, dan perkerasan jalan.

Pervious concrete atau beton berpori merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya menggunakan sedikit atau bahkan tidak menggunakan agregat halus (pasir). Metode penelitian yang diterapkan adalah studi eksperimental dengan membuat benda kubus $15 \times 15 \times 5 \text{ cm}^3$ untuk pengujian permeabilitas, dengan variasi persentase reduksi semen sebesar 0 %, 2,5 % dan 5 %. Masing-masing variasi dibagi berdasarkan kelompok gradasi agregat kombinasi lolos saringan 19 mm dan 9,5 mm, ukuran 9,5 mm dan 19 mm.

Hasil uji permeabilitas menunjukkan bahwa nilai optimum terdapat pada variasi pereduksi 2,5% kelompok C (menggunakan gradasi agregat lolos saringan 19 mm dan tertahan saringan 9,5 mm) dengan persentase rongga rata-rata sebesar 51,420 %, kecepatan lolos air rata-rata sebesar 4,98 cm/detik, dan persentase lolos air rata-rata sebesar 98,461 % .

Nilai reduksi limbah cangkang telur terhadap semen optimum adalah 2,5% dengan nilai selisih harga terhadap harga beton berpori tanpa reduksi adalah Rp 9.717,59,- / m^3 .

Kata kunci : pervious concrete, agregat, cangkang telur, biaya dan permeabilitas.

SUMMARY

UTILIZATION OF EGG SHELL WASTE AS REDUCTOR OF CEMENT IN GREEN PERVIOUS CONCRETE MIXTURE. Fadia Aqilla Hayya Al-Banjari, 2018, Study Program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

The development of building in Indonesia is increasing rapidly not least result in negative impact on the environment, one of which is the reduction of green land and water catchment areas. One way or idea that can be done in the field of civil engineering to solve this problem is to develop the application of waterproof concrete or pervious concrete in various construction such as urban drainage, sidewalk, parking area, and pavement.

Pervious concrete is a simple form of lightweight concrete type, which in its manufacture uses little or no fine aggregate (sand). The research method applied is experimental study by making cube $15 \times 15 \times 5 \text{ cm}^3$ for permeability test, with variation of cement reduction percentage by 0%, 2.5% and 5%. Each variation was divided by group of aggregate gradation combinations of 19 mm and 9.5 mm sieve, 9.5 mm and 19 mm in size.

The result of permeability test showed that the optimum value was found in 2.5% C group reducing variation (using aggregate grading of 19 mm sieve and 9.5 mm retained filter) with an average cavity percentage of 51.420%, average water velocity velocity equal to 4.98 cm / sec, and the percentage of water passes averaged 98.461%.

The value of eggshell waste reduction to optimum cement is 2.5% with the value of price difference to the price of porous concrete without reduction is Rp 9.717.59, - / m^3 .

Key word : pervious concrete, agregate, egg shell, cost and permeability.

PRAKATA

Segala Bentuk Puji dan Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala Berkah, Karunia dan Anugerah-Nya sehingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir dengan Judul **“PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR SEBAGAI PEREDUKSI SEMEN DALAM CAMPURAN BETON BERPORI RAMAH LINGKUNGAN (*GREEN PERVIOUS CONCRETE*)”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Studi Program Strata – 1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini tidak lupa diucapkan Terima Kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini:

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik.
2. Bapak Haiki Mart Yupi, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Ibu Murniati, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Frieda, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Ibu Okta Meilawaty, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir sekaligus selaku Kepala Laboratorium Konstruksi Beton Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

6. Seluruh Dosen dan Staff Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Fakultas Teknik dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian Tugas Akhir ini, sehingga segala bentuk tanggapan, kritikan dan saran-saran yang bersifat membangun dan ikut memajukan sangat diharapkan sebesar-besarnya dari berbagai pihak demi tercapainya tujuan dan substansi yang diinginkan dalam penyusunan Tugas Akhir ini kedepannya.

Palangka Raya, Juli 2018

FADIA AQILLA H. AL-BANJARI
NIM. DAB 113 043

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Lokasi Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	7
2.2 Beton Ringan.....	7
2.3 Beton Berpori (<i>Pervious Concrete</i>).....	8
2.4 Penelitian Terdahulu.....	8
2.5 Limbah Cangkang Telur Ayam Ras.....	10
2.6 Kandungan Cangkang Telur Ayam Ras.....	11
2.7 Proporsi Campuran.....	11
2.8 Penelitian Terdahulu.....	12

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Persiapan Bahan.....	15
3.2	Persiapan Peralatan.....	16
3.3	Pemeriksaan Bahan.....	17
3.4	Pengolahan Limbah Cangkang Telur.....	17
3.5	Perencanaan Campuran.....	18
3.6	Pembuatan Sampel Beton / Benda Uji.....	19
3.7	Pengujian Berat Volume.....	21
3.8	Perawatan Benda Uji.....	22
3.9	Pengujian Permeabilitas.....	23
3.10	Pengumpulan dan Analisa Data.....	25
3.11	Kesimpulan dan Pembuatan Laporan.....	25
3.12	Bagan Alir Penelitian.....	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Bahan Reduksi Semen.....	27
4.2	Karakteristik Material Pembentuk Beton Berpori.....	28
4.3	Berat Isi Beton dan Banyaknya Semen per Zak.....	36
4.4	Uji Permeabilitas.....	40
4.5	Analisis Data.....	60

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

2.1	Mineral Penyusun Cangkang Telur	11
2.2	Proporsi dan sifat beton tanpa butiran halus.....	12
2.3	Faktor air semen optimal.....	13
3.1	Proporsi dan sifat beton tanpa butiran halus.....	18
3.2	Data Pembuatan Benda Uji Kubus 15 x 15 x 5 cm.....	19
4.1	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	28
4.2	Pembagian Berat Isi Agregat.....	33
4.3	Syarat Mutu Kekuatan Agregat.....	35
4.4	Berat Isi Beton.....	36
4.5	Berat Beton per Zak Semen.....	37
4.6	Banyak Beton per Zak Semen.....	37
4.7	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Rongga Udara (Reduksi 0 %).....	39
4.8	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Rongga Udara (Reduksi 2,5 %).....	41
4.9	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Rongga Udara (Reduksi 5 %).....	42
4.10	Rekapitulasi Hasil Analisa Kecepatan Air (Reduksi 0 %).....	45
4.11	Rekapitulasi Hasil Analisa Kecepatan Air (Reduksi 2,5 %).....	47
4.12	Rekapitulasi Hasil Analisa Kecepatan Air (Reduksi 5 %).....	48
4.13	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Lolos Air (Reduksi 0 %).....	52
4.14	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Lolos Air (Reduksi 2,5 %).....	53
4.15	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Lolos Air (Reduksi 5 %).....	54

4.16	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Rongga	59
4.17	Rekapitulasi Hasil Uji Kecepatan Lolos Air	59
4.18	Rekapitulasi Hasil Uji Persentase Lolos Air	60
4.19	Hasil Uji Normalitas Persentase Rongga A.....	61
4.20	Hasil Uji Normalitas Persentase Rongga B.....	61
4.21	Hasil Uji Normalitas Persentase Rongga C.....	61
4.22	Hasil Uji Normalitas Kecepatan Lolos Air A.....	62
4.23	Hasil Uji Normalitas Kecepatan Lolos Air B.....	62
4.24	Hasil Uji Normalitas Kecepatan Lolos Air C.....	62
4.25	Hasil Uji Normalitas Persentase Lolos Air A.....	63
4.26	Hasil Uji Normalitas Persentase Lolos Air B.....	63
4.27	Hasil Uji Normalitas Persentase Lolos Air C.....	63
4.28	Hasil Uji Varian Persentase Rongga A.....	64
4.29	Hasil Uji Varian Persentase Rongga B.....	65
4.30	Hasil Uji Varian Persentase Rongga C.....	65
4.31	Hasil Uji Varian Kecepatan Lolos Air A.....	66
4.32	Hasil Uji Varian Kecepatan Lolos Air B.....	66
4.33	Hasil Uji Varian Kecepatan Lolos Air C.....	66
4.34	Hasil Uji Varian Persentase Lolos Air A.....	67
4.35	Hasil Uji Varian Persentase Lolos Air B.....	67
4.36	Hasil Uji Varian Persentase Lolos Air C.....	68
4.37	Hasil Analisis Regresi Persentase Rongga Kel. Gradasi Agregat A.....	69

4.38	Hasil Analisis Regresi Persentase Rongga Kel. Gradasi Agregat B.....	69
4.39	Hasil Analisis Regresi Persentase Rongga Kel. Gradasi Agregat C.....	70
4.40	Hasil Analisis Regresi Kecepatan Lolos Air Kel. Gradasi Agg. A.....	70
4.41	Hasil Analisis Regresi Kecepatan Lolos Air Kel. Gradasi Agg. B.....	71
4.42	Hasil Analisis Regresi Kecepatan Lolos Air Kel. Gradasi Agg. C.....	72
4.43	Hasil Analisis Regresi Persentase Lolos Air Kel. Gradasi Agg. A.....	72
4.44	Hasil Analisis Regresi Persentase Lolos Air Kel. Gradasi Agg. B.....	73
4.45	Hasil Analisis Regresi Persentase Lolos Air Kel. Gradasi Agg. C.....	74
4.46	Perubahan Harga Semen Akibat Reduksi Cangkang Telur.....	76
5.1	Rekapitulasi Nilai Permeabilitas Kelompok A.....	82
5.2	Rekapitulasi Nilai Permeabilitas Kelompok B.....	82
5.3	Rekapitulasi Nilai Permeabilitas Kelompok C.....	83

DAFTAR GAMBAR

1.1	Lokasi Penelitian	6
3.1	Bagan Alir Penelitian	26
4.1	Bubuk cangkang telur setelah dihaluskan menggunakan alat <i>blender</i>	27
4.2	Grafik gradasi agregat kasar	30
4.3	Proses pencucian agregat	32
4.4	Grafik Berat isi beton terhadap variasi reduksi	39
4.5	Grafik Banyak beton per zak terhadap variasi reduksi	39
4.6	Grafik persentase volume rongga terhadap variasi kelompok A	45
4.7	Grafik persentase volume rongga terhadap variasi kelompok B	45
4.8	Grafik persentase volume rongga terhadap variasi kelompok C	46
4.9	Grafik kecepatan lolos air terhadap variasi kelompok A	51
4.10	Grafik kecepatan lolos air terhadap variasi kelompok B	52
4.11	Grafik kecepatan lolos air terhadap variasi kelompok C	52
4.12	Grafik persentase lolos air terhadap variasi kelompok A	57
4.13	Grafik persentase lolos air terhadap variasi kelompok B	58
4.14	Grafik persentase lolos air terhadap variasi kelompok C	58
4.15	Grafik rekapitulasi persentase rongga	60
4.16	Grafik rekapitulasi kecepatan lolos air	61
4.17	Grafik rekapitulasi persentase lolos air	62
4.18	Grafik Analisa regresi persentase rongga terhadap variasi kelompok A ...	72

4.19	Grafik Analisa regresi persentase rongga terhadap variasi kelompok B...	72
4.20	Grafik Analisa regresi persentase rongga terhadap variasi kelompok C...	73
4.21	Grafik Analisa regresi kecepatan lolos air terhadap variasi kelompok A.	74
4.22	Grafik Analisa regresi kecepatan lolos air terhadap variasi kelompok B..	74
4.23	Grafik Analisa regresi kecepatan lolos air terhadap variasi kelompok C..	75
4.24	Grafik Analisa persentase kecepatan lolos air terhadap variasi kel. A.....	76
4.25	Grafik Analisa persentase kecepatan lolos air terhadap variasi kel. B.....	76
4.26	Grafik Analisa persentase kecepatan lolos air terhadap variasi kel. C.....	77
4.27	Grafik Perubahan Biaya.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Berat Volume
2. Lampiran Analisis Saringan
3. Lampiran Berat Jenis dan Penyerapan
4. Lampiran Kadar Lumpur
5. Lampiran Kadar Air
6. Lampiran Uji Keausan
7. Lampiran Rekapitulasi Akhir Pemeriksaan
8. Lampiran Proporsi Campuran
9. Lampiran Berat Isi Beton
10. Lampiran Uji Persentase Rongga I
11. Lampiran Uji Persentase Rongga II
12. Lampiran Uji Persentase Rongga III
13. Lampiran Uji Kecepatan Lolos Air I
14. Lampiran Uji Kecepatan Lolos Air II
15. Lampiran Uji Kecepatan Lolos Air III
16. Lampiran Uji Persentase Lolos Air I
17. Lampiran Uji Persentase Lolos Air II
18. Lampiran Uji Persentase Lolos Air III
19. Lampiran Uji Karakteristik Semen
20. Lampiran Pengujian Distribusi (Uji Normalitas)

21. Lampiran Uji Varians
22. Lampiran Analisis Regresi
23. Lampiran Dokumentasi Penelitian
24. Lampiran Karakteristik Semen

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia seperti gedung, jalan, jembatan, irigasi, pelabuhan dan sebagainya mengalami perkembangan yang sangat pesat tiap waktu untuk menunjang kehidupan masyarakat.

Perkembangan pembangunan yang kian pesat tidak sedikit mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan, salah satunya yaitu berkurangnya lahan hijau dan daerah resapan air. Perubahan fungsi lahan tersebut telah memperluas lapisan kedap air, sehingga membuat berkurangnya kesempatan air untuk berinfiltrasi ke dalam tanah dan memperbesar limpasan permukaan air hujan.

Pelestarian air bersih menjadi perhatian seluruh masyarakat, sehingga pelaksanaan pembangunan dengan memperhatikan aspek lingkungan juga menjadi kewajiban. Dampak besar dari keadaan tersebut adalah bencana seperti banjir yang sering terjadi pada saat musim penghujan datang di kota-kota besar seperti Jakarta dan lainnya.

Salah satu cara atau gagasan yang dapat dilakukan dalam bidang teknik sipil untuk menyelesaikan masalah ini dari segi konstruksi yakni menerapkan pembangunan dengan metode yang ramah lingkungan. Teknologi yang dapat dikembangkan yaitu penerapan beton lolos air atau

beton berpori (*pervious concrete*) pada berbagai konstruksi seperti drainase perkotaan, *sidewalk*, area parkir, dan perkerasan jalan.

Dengan penggunaan *pervious concrete*, maka air rembesan hujan dapat dialirkan ke dalam tanah dan menjadi sumber air tanah. Perkerasan beton berpori adalah cara yang unik dan efektif untuk menangani permasalahan lingkungan, dan pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan.

Untuk mencapai kekuatan beton berpori yang direncanakan, kebutuhan jumlah semen pun sangat menentukan. Semen dalam beton berpori menjadi sangat penting karena sebagai bahan perekat antara agregat kasar yang akan membentuk pori. Selain itu semen merupakan penyusun beton yang memiliki biaya paling mahal. Hal ini lah yang melatarbelakangi penelitian ini yaitu dengan inovasi penggunaan bahan pereduksi atau pengganti sebagian semen. Bahan penyusun utama dari semen adalah kalsium karbonat (CaCO_3) yang mencapai 60 – 65 %, maka inovasi dari bahan pereduksi harus pula mengandung senyawa kimia tersebut.

Penelitian ini mencoba menggagaskan inovasi kulit atau cangkang telur ayam ras sebagai bahan pereduksi semen dalam beton berpori. Cangkang telur ayam ras ditemukan begitu melimpah sebagai limbah rumah tangga, peternakan, dan industri makanan. Terutama di kalangan masyarakat Indonesia. Telur merupakan bahan konsumsi sehari-hari baik di rumah tangga, rumah makan, industri, peternakan, dan lainnya. Menurut Kementerian Peternakan Subsektor Peternakan hingga tahun 2015 Indonesia memproduksi 1.289.716 telur ayam ras, ini menjadi potensi yang

besar untuk memanfaatkan limbah cangkang telur yang belum dimanfaatkan secara optimal di Indonesia.

Kulit telur memiliki kandungan kalsium karbonat yang besar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pereduksi semen. Inovasi ini diharapkan menjadi salah satu alternatif bahan pereduksi semen yang berkualitas dalam campuran beton berpori dan dapat meningkatkan mutu beton di masa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penulisan ini adalah:

- a. Berapa besar nilai permeabilitas dari beton berpori yang diuji?
- b. Berapa besar efisiensi biaya bahan beton berpori dengan menggunakan limbah cangkang telur ayam ras sebagai bahan pereduksi semen?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini diantaranya:

- a. Mengetahui besar nilai permeabilitas dari beton berpori yang diuji.
- b. Mengetahui efisiensi biaya bahan beton berpori dengan menggunakan limbah cangkang telur ayam ras sebagai bahan pereduksi semen.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini digunakan agar tidak keluar dari lingkup permasalahan yang ada. Berikut batasan masalah yang dijadikan acuan penelitian.

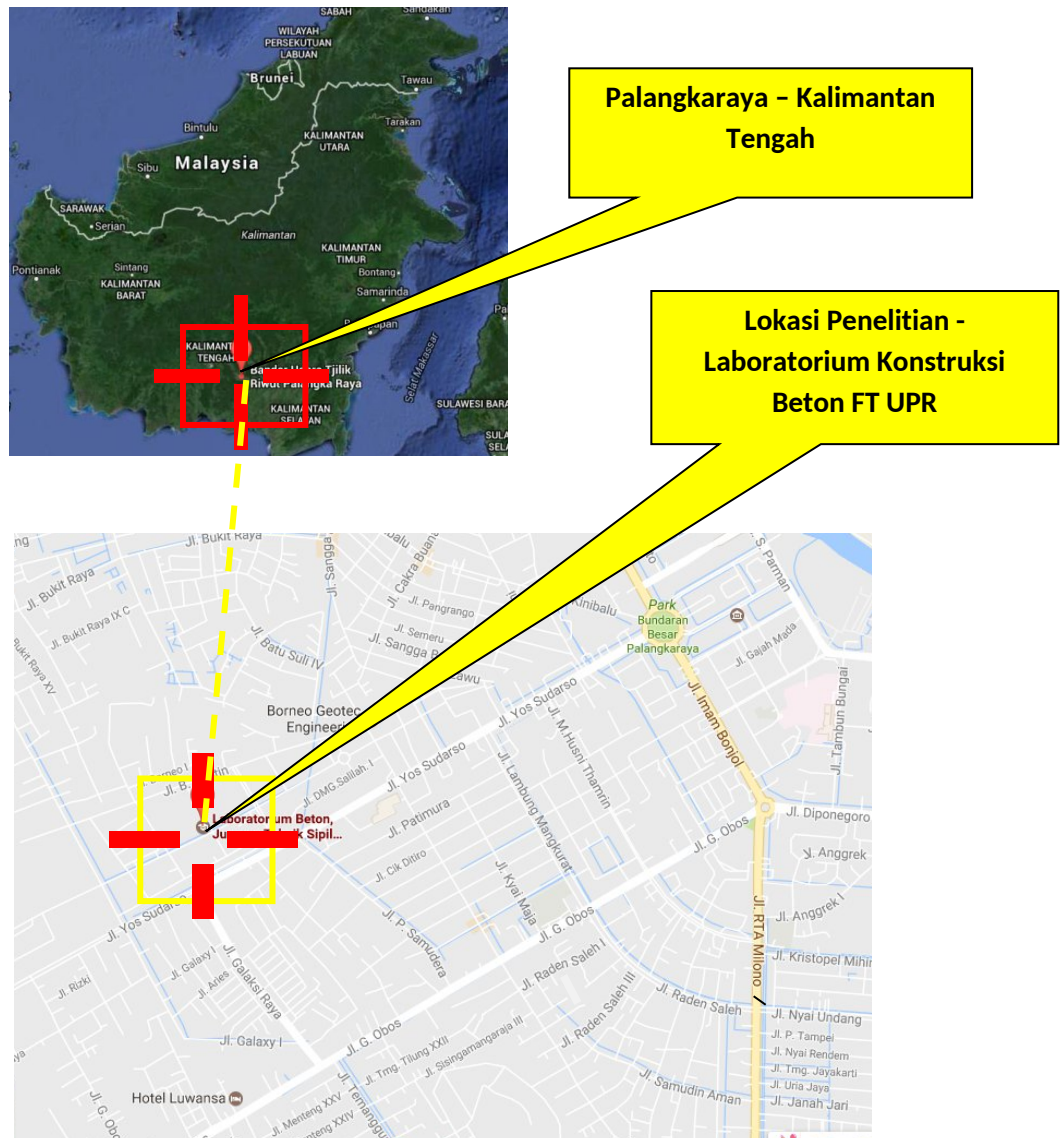
- a. Penelitian ini tidak membahas reaksi kimia antara unsur cangkang telur ayam ras dengan unsur beton pada saat pengecoran dan perawatan.
- b. Agregat kasar diambil dari sampel daerah Kalimantan Selatan, ex. Pelaihari.
- c. Agregat halus tidak digunakan karena yang diteliti merupakan beton non pasir atau beton berpori.
- d. Semen yang akan direduksi penggunaannya adalah Semen Tipe I merek dagang Tiga Roda.
- e. Limbah cangkang telur ayam ras sebagai pereduksi sebagian semen diolah dengan *treatment* (pengoahan) manual dan dengan ketentuan pengolahan berdasarkan metode penelitian.
- f. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran $15 \times 15 \times 5 \text{ cm}^3$ dan pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari berjumlah 90 sampel.
- g. Air yang digunakan berasal dari sumur bor di Laboratorium Konstruksi Beton Universitas Palangka Raya.
- h. Perawatan benda uji (*curing*) yang dilakukan adalah dengan perendaman benda uji di dalam bak penampung air.
- i. Metode perencanaan campuran menggunakan perbandingan semen dengan agregat kasar.
- j. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat dengan ukuran lolos saringan 19 mm dan tertahan di saringan 9,5 mm, lolos saringan 9,5 mm dan tertahan di saringan 4,75 mm, serta kombinasi keduanya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Membentuk motivasi berbagai lapisan masyarakat untuk ikut berupaya memanfaatkan berbagai jenis limbah sehingga dapat mengurangi permasalahan sampah di lingkungan sekitar.
- b. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang keberadaan limbah di sekitar lingkungan yang dapat dimanfaatkan kembali, khususnya dalam bidang rancang bangun seperti limbah rumah tangga, peternakan, dan industry makanan yaitu cangkang telur ayam ras.
- c. Ikut memajukan pembangunan Indonesia yang berwawasan lingkungan.

1.6 Lokasi Penelitian



Gambar 1.1 Lokasi penelitian
(Sumber: Google Maps, 2017)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam maupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

2.2 Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang mempunyai berat jenis beton yang lebih kecil dari beton normal. Pada dasarnya, semua jenis beton ringan dibuat dengan kandungan rongga dalam beton dengan jumlah besar. Menurut SNI-03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Oleh karena itu, berdasarkan cara mendapatkan beton ringan menurut Tjokrodinuljo (1996), beton ringan dapat dibedakan menjadi 3 jenis dasar yaitu beton agregat ringan, beton busa, dan beton tanpa agregat halus (non pasir).

2.3 Beton Berpori (*Pervious Concrete*)

Beton berpori merupakan jenis beton ringan, yakni beton yang dibentuk dari campuran semen, agregat kasar, dan air sebagai bahan tambah atau *admixture*.

Pervious concrete atau beton berpori merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya menggunakan sedikit atau bahkan tidak menggunakan agregat halus (pasir), sehingga menghasilkan beton dengan pori kira-kira 20 %. Tidak adanya agregat halus dalam campuran menghasilkan beton yang berpori sehingga beratnya berkurang (Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, 2009). Menurut ACI 522R-10 *Report on Pervious Concrete*, beton berpori dapat dideskripsikan sebagai beton yang memiliki nilai slump mendekati nol.

2.4 Bahan Penyusun Beton Berpori

2.4.1 Semen

Semen yang digunakan untuk bahan beton berpori ini yaitu jenis semen *portland* berupa semen hidrolis yang berfungsi sebagai bahan perekat bahan susun beton. Menurut ASTM C-150, 1985, semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

2.4.2 Agregat Kasar

Agregat kasar dapat dibedakan berdasarkan beratnya. Ada tiga jenis agregat kasar berdasarkan beratnya yaitu agregat normal, agregat ringan dan agregat berat.

Agregat normal dihasilkan dari pemecahan batuan di *quarry* atau langsung dari sumber alam. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa dan sebagainya. Ketentuan dan persyaratan dari SII.0052-80 “Mutu dan Cara Uji Agregat Beton” harus dipenuhi. Bila tidak tercakup, maka agregat harus memenuhi ketentuan ASTM C-33, “*Spessification for Concrete Aggregates*” (PB-89, 1989:9).

2.4.3 Air

Air yang diperlukan pada pembuatan beton berfungsi untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat beton yang dihasilkan. (Ir. Mulyono, M.T., 2004).

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus memenuhi syarat-syarat mutu air (BS.3148-80).

2.5 Limbah Cangkang Telur Ayam Ras

Menurut Sirait (1986), Telur merupakan salah satu bahan pangan yang berasal dari hewan ternak, memiliki kandungan gizi yang tinggi karena di dalamnya terkandung zat-zat makanan yang diperlukan tubuh seperti asam- asam amino, vitamin, serta mempunyai daya cerna yang tinggi.

Cangkang telur adalah bagian terluar dari telur yang berfungsi memberi perlindungan bagi komponen-komponen isi telur dari kerusakan, baik secara fisik, kimia maupun mikrobiologis.

Konsumsi masyarakat Indonesia terhadap telur ayam ras yang besar menghasilkan limbah yang besar pula. Ditambah industri peternakan ayam yang melimpah di seluruh wilayah Indonesia menambah potensi limbah cangkang telur yang belum dimanfaatkan secara optimal. Kandungan cangkang telur yang sama pada semen menjadi alternatif bahan substitusi dalam *pervious concrete* yang baru dan dapat diperbarui.

2.6 Kandungan Cangkang Telur Ayam Ras

Komposisi cangkang telur ayam ras secara umum terdiri atas: air (1,6%) dan bahan kering (98,4%). Dari total bahan kering yang ada, dalam cangkang telur terkandung unsur mineral (95,1%) dan protein (3,3%). Berdasarkan komposisi mineral yang ada, maka cangkang telur tersusun atas kristal CaCO_3 (98,43%), MgCO_3 (0,84%) dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) (Yuwanta, 2010).

Beberapa jenis mineral penting yang menyusun cangkang telur seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat Absolut dan Relatif dari Mineral Penyusun Cangkang Telur

Mineral	% dari berat total	g/berat total
Kalsium (Ca)	37,30	2,30
Magnesium (Mg)	0,38	0,02
Fosfor (P)	0,35	0,02
Karbonat (CO ₃)	58,00	3,50
Mangan (Mn)	7	ppm

Sumber : Yuwanta (2010)

2.7 Proporsi Campuran

2.7.1 Agregat - Semen

Beton berpori non-pasir terbuat dari air, semen, dan agregat kasar. Perbandingan volume antara agregat-semen berkisar antara 6 sampai 10 dan faktor air semen berkisar antara 0,35 sampai 0,45. (Tjokrodinuljo, K. 1996).

Rekomendasi terhadap proporsinya, agregat padat yang normal, 50 kg semen dengan 0,28 m³ agregat, agregat ringan, 50 kg semen dengan 0,21 m³ agregat. (Murdock, L.J. dan K.M., Brook. 1991).

Tabel 2.2 Proporsi dan sifat beton tanpa butiran halus

Beton tanpa butiran halus	Berat jenis di udara (kg/m ³)	Kuat desak (N/mm ³)	Penyusutan kering (%)	Konduktivitas suhu (W.m °C)
Agregat kerikil/batu pecah 1:8 (semen:agregat) menurut volumenya	1600-1840	3,5-11,0	0,02-0,03	0,65-0,80
Agregat ringan 1:6 (semen-agregat) menurut volumenya		2,4-3,1	Tergantung pada agregat yang digunakan	Tergantung pada agregat yang digunakan

Sumber: L.J. Murdock, K.M. Brook, *Bahan dan Praktek Beton* (1999)

2.7.2 Faktor Air Semen

Faktor air semen untuk beton berpori non-pasir berkisar antara 0,35 - 0,45. Perkisaran faktor air semen tidak dapat terlalu rendah atau tinggi karena jika faktor air semen terlalu rendah maka pasta semennya tidak cukup menyelimuti butir-butir agregat kasarnya, dan jika faktor air semennya terlalu tinggi maka pasta semennya akan terlalu encer sehingga pada waktu pemadatan pasta semen mengalir ke bawah (tidak lagi menyelimuti butir-butir agregat). Dengan demikian ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum untuk suatu nilai perbandingan agregat-semen tertentu (Tjokrodimuljo, K. 1996).

Faktor air semen harus secukupnya saja sesuai dengan kebutuhan untuk menjamin agar setiap partikel agregat diliputi dengan adukan semen. Air yang terlalu sedikit memberikan penampilan seolah-olah gampang pecah dengan sebagian besar butiran tidak diliputi adukan semen. Air yang

terlalu banyak menyebabkan adukan semen “berlarian” dan terpisah dari agregatnya. (Murdock L.J dan K.M. Brook, 1991).

Tabel 2.3 Faktor air semen optimal, kebutuhan semen, dan kuat tekan beton berpori non-pasir dengan agregat

Perbandingan volume semen-agregat	Faktor air-semen optimal	Kuat Tekan beton non-pasir (MPa)
1 : 6	0,38	10,3
1 : 7	0,40	8,3
1 : 8	0,38	7,2
1 : 9	0,42	6,3
1 : 10	0,44	5,8

Sumber: Kardiyono Tjokrodimulyo, *Teknologi Beton (1996)*

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya sangat penting untuk diungkapkan, karena dapat dipakai sebagai informasi dan bahan acuan yang sangat berguna. Berikut penelitian yang telah dilakukan.

Sukri Nur pada tahun 2013 : “Studi Eksperimen Kekuatan Dan Porositas Beton Lolos Air (*Porous Concrete*) Untuk Pemanfaatan Jalan Semen Beton”. Pada penelitian ini dilakukan studi eksperimental dengan membuat benda uji pelat 15 x 15 x 5 cm³ pada umur 28 hari untuk pengujian permeabilitas. Hasil penelitian menunjukkan pengujian permeabilitas untuk persentase rongga udara tertinggi pada benda uji 0% pasir sebesar 85,77%. Pengujian kecepatan aliran air yang baik dicapai oleh benda uji 0% pasir sebesar 0,138cm/det. Serta persentase lolos air terbesar pada benda uji 0% pasir sebesar 94%.

Jerry Lewis pada tahun 2006: “Variasi Ukuran Agregat Pada Campuran Beton Non Pasir (*No Fines Concrete*) Terhadap Kuat Tekan Beton”. Pada penelitian ini ukuran agregat yang digunakan yaitu 9,5 mm, 12,5 mm, 19 mm dan 25 mm. Fas sebesar 0,38 dan agregat yang digunakan berasal dari ex. Tangkiling. Hasil dari penelitian ini diperoleh kuat tekan beton dengan agregat kasar Tangkiling yaitu 31,819 MPa (9,5 mm), 30,357 MPa (12,5 mm), 33,821 MPa (19 mm) dan 42,310 MPa (25 mm). Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan ukuran agregat kasar tidak memberi pengaruh yang stabil terhadap kuat tekan beton.

Budi Kudwadi dan Kardiyono Tjokrodimuljo pada tahun 2002: “Kolom dari Beton Non - Pasir Akibat Beban Aksial Eksentris Secara Analitis Dan Eksperimen”. Pada penelitian ini telah diuji 15 kolom, dengan ukuran 150 x 150 mm dan panjang 800 mm dengan tulangan utama 12 mm serta tulangan sengkang 6 mm dengan jarak 160 mm. Beton non pasir menggunakan kerikil alami 10 - 20 mm dengan perbandingan volume semen-agregat = 1 : 4, faktor air-semen = 0,4. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kekuatan kolom beton non pasir mencapai rata-rata 100,54 % dan tertinggi 162,06 % dari perhitungan analisis.

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya kontrol. Metode eksperimen yang dimaksud yaitu penelitian dengan tujuan menyelidiki hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya (Arikunto, 2006).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya dengan beberapa tahap metode penelitian.

3.1 Persiapan Bahan

- a. Semen *Portland* tipe I, merek dagang Semen Tiga Roda.
- b. Air, berasal dari sumur bor Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
- c. Agregat kasar berupa batu berasal dari Kalsel ex. Pelaihari.
- d. Bubuk cangkang telur ayam ras yang limbahnya diambil dari limbah rumah tangga, rumah makan, industri kue yang ada di kota Palangka Raya.

3.2 Persiapan Peralatan

- a. Peralatan untuk persiapan dan pemeriksaan material
 - 1) Neraca OHAUS atau Timbangan Listrik
 - 2) Satu set saringan
 - 3) Pan Bahan
 - 4) Mesin Uji Abrasi *Los Angles*
- b. Peralatan untuk mengolah limbah cangkang telur ayam ras
 - 1) *Blender*
 - 2) Penumbuk Besi
- c. Peralatan untuk membuat benda uji
 - 1) Mesin pengaduk (*mollen*)
 - 2) Cetakan benda uji (bekisting) berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 5 cm³
 - 3) Bohler untuk mengecek nilai berat volume beton segar
 - 4) Bak perendaman benda uji untuk melakukan perawatan (*curing*).
- d. Peralatan yang digunakan untuk pengujian benda uji
 - 1) Neraca OHAUS
 - 2) Gelas Ukur
 - 3) *Stopwatch*
 - 4) *Slump Test*
 - 5) Oven

3.3 Pemeriksaan Bahan

Pada pelaksanaan eksperimen ini terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap agregat kasar sebagai penyusun beton. Material pengisi beton dilakukan pemeriksaan pendahuluan berupa:

- a. Pemeriksaan berat volume agregat (SNI 03-4804-1998);
- b. Pemeriksaan analisa saringan agregat (SNI.M-08-1989-F);
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat (SNI.M-09-1989-F);
- d. Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 03-1971-1990);
- e. Pemeriksaan kadar lumpur agregat (SNI 03 – 2461 – 2002);
- f. Pemeriksaan nilai abrasi agregat kasar (SNI.M-02-1990-F).

Pemeriksaan material ini dilakukan di Laboratorium Konstruksi Beton Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya. Tahapan pemeriksaan pendahuluan terhadap material ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan bahan sebagai material penyusun beton yang memenuhi syarat pembuatan campuran beton untuk mengumpulkan data perencanaan campuran.

3.4 Pengolahan Limbah Cangkang Telur

Limbah cangkang telur yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber dicuci hingga bersih. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 24 jam dan ditumbuk menggunakan alat penumbuk. Lalu dihaluskan menggunakan alat *blender* atau sejenisnya dan dioven hingga

suhu 110 derajat celcius. Setelah itu bahan disaring menggunakan saringan No. 200 dan ditimbang sesuai perhitungan perencanaan.

3.5 Perencanaan Campuran

Agregat kasar direncanakan sendiri menggunakan komposisi ukuran agregat kasar dengan ukuran lolos saringan 19 mm dan tertahan di saringan 9,5 mm, lolos saringan 9,5 mm dan tertahan di saringan 4,75 mm, serta kombinasi keduanya dengan pembagian kelompok ditunjukkan pada tabel 3.1. Semen yang digunakan adalah *Portland Cement (PC) type I merk* dagang Tiga Roda dengan hasil uji semen oleh pabrik sebagaimana terlampir.

Perbandingan semen dan agregat yang direncanakan adalah 1 : 8 dengan nilai nilai faktor air semen 0,38 (Jerry Lewis, 2006).

Tabel 3.1 Proporsi dan sifat beton tanpa butiran halus

Perbandingan volume semen- agregat	Faktor air-semen optimal
1 : 6	0,38
1 : 7	0,40
1 : 8	0,38
1 : 9	0,42
1 : 10	0,44

Sumber: Kardiyono Tjokrodimulyo, *Teknologi Beton*, 1996.

Benda uji dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 5 cm³, sebanyak 90 sampel benda uji selama 28 hari, dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 3.2 Data Pembuatan Benda Uji Kubus 15 x 15 x 5 cm

Persentase Reduksi	Benda uji umur rencana 28 hari		
	Jumlah (bh)	Kode Benda Uji	Variasi gradasi agregat kasar yang digunakan
0 %	10	1A	50 % Agregat lolos saringan 9,5 mm (tertahan saringan 4,75 mm) + 50 % Agregat 19 mm (tertahan saringan 9,5 mm)
	10	1B	Agregat 9,5 mm
	10	1C	Agregat 19 mm
2,5 %	10	2A	50 % Agregat lolos saringan 9,5 mm (tertahan saringan 4,75 mm) + 50 % Agregat 19 mm (tertahan saringan 9,5 mm)
	10	2B	Agregat 9,5 mm
	10	2C	Agregat 19 mm
5 %	10	3A	50 % Agregat lolos saringan 9,5 mm (tertahan saringan 4,75 mm) + 50 % Agregat 19 mm (tertahan saringan 9,5 mm)
	10	3B	Agregat 9,5 mm
	10	3C	Agregat 19 mm
Jumlah	90 sampel		

Sumber : Penulis (2017).

3.6 Pembuatan Sampel Beton atau Benda Uji

Benda uji menggunakan bentuk kubus dengan dimensi ukuran 15 x 15 x 5 cm. Jumlah benda uji yang akan dibuat adalah 90 buah berdasarkan pembagian persentase reduksi semen pada campuran sampel serta variasi gradasi agregat yang digunakan. Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Konstruksi Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya dengan beberapa tahapan dan pengujian. Tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

- a. Persiapan material penyusun sampel beton berupa agregat kasar , semen, air dan bahan pereduksi sebagian semen sesuai berat setiap material yang telah ditentukan berdasarkan rencana campuran (*design mix formulas*) dan telah ditimbang terlebih dahulu dengan Neraca OHAUS atau Timbangan Listrik dengan ketelitian 0,1.
- b. Memasukkan dan mencampurkan material penyusun, semen dan bahan pereduksi semen terlebih dahulu kedalam mesin pengaduk (*mollen*) dan diaduk saat mesin sedang berjalan. Setelah semua material sudah masuk dan tercampur rata dalam mesin pengaduk, tuangkan air sedikit demi sedikit hingga air habis kedalam campuran. Dalam proses ini dilakukan pengamatan terhadap campuran dalam mesin pengaduk disesuaikan dengan durasi waktu pencampuran yang telah ditentukan. Mesin pengaduk dapat dihentikan beberapa saat untuk mengontrol kelecakan dan campuran bahan segar yang sudah merata.
- c. Pada proses pencampuran dengan mesin pengaduk (*mollen*) sesuai dengan SK SNI T-28-1991-03 ayat 3.3.3, durasi pengadukan minimal untuk campuran beton yang volumenya lebih kecil atau sama dengan 1 m³ adalah 1,5 menit. Setelah pengadukan dirasa cukup, maka bahan segar dikeluarkan ke dalam talam besar. Sebagian beton segar dimasukkan ke dalam pan ukuran satu liter untuk ditimbang beratnya.
- d. Selanjutnya beton segar dimasukkan ke dalam cetakan (bekisting) yang telah dioleskan pelumas. Permukaan sampel beton segar kemudian diratakan pada cetakan.

- e. Setelah pengisian pada cetakan (bekisting) selesai, benda uji didiamkan selama 24 jam. Setelah sampel dirasa cukup mengeras dan kandungan air sudah berkurang, benda uji dikeluarkan dari cetakannya dan dilanjutkan ke tahap perawatan (*curing*) dengan merendam benda uji ke dalam bak penampungan air.

3.7 Pengujian Berat Volume

Pemeriksaan berat volume beton dimaksudkan untuk menentukan berat isi beton dan banyaknya beton per zak semen. Berat isi adalah perbandingan berat beton per satuan isi.

Peralatan yang dipakai:

- a. Alat perata
- b. Tongkat pemadatan dengan diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat dari baja tahan karat.
- c. Timbangan dengan ketelitian 0,3 % berat benda uji.
- d. Takaran / bohler.

Cara kerja:

- a. Berat wadah (W_1) ditimbang dan dicatat.
- b. Takaran diisi dengan benda uji dalam 3 (tiga) lapisan. Tiap lapisan didapatkan dengan 25 kali tusukan secara merata.
- c. Selesai pemadatan, sisi takaran/bohler diketuk perlahan-lahan.
- d. Permukaan pada benda uji diratakan dan ditimbang untuk menentukan beratnya (W_2).

Perhitungan:

- a. Berat isi beton

$$D = \frac{W}{V} \quad (1.1)$$

W = Berat benda uji (kg)

V = Isi takaran/bohler (m^3)

- b. Banyak beton per zak semen

$$Y = \frac{W}{D} \times 0,001 \text{ (} m^3 \text{ / zak)} \quad (1.2)$$

W = Berat total bahan campuran beton per zak semen (kg)

3.8 Perawatan Benda Uji

Tahap Perawatan dilakukan dengan tujuan untuk menjaga permukaan beton selalu lembab dan mengurangi dampak keretakan akibat proses hidrasi semen yang berlebihan akibat pengaruh suhu luar sehingga sampel beton akan kering secara sempurna hingga umur pengujian, (Ir. Tri Mulyono, M.T., 2010).

Beberapa metode perawatan beton yang biasa dilakukan, yaitu:

- a. Menaruh beton di dalam ruangan lembab dengan suhu tidak lebih dari 24°C ;
- b. Menempatkan beton di atas genangan air;
- c. Menaruh beton di dalam air;
- d. Menyelimuti beton dengan karung basah;
- e. Menggenangi permukaan beton dengan air;
- f. Menyirami setiap permukaan beton secara terus menerus.

Metode perawatan yang dilakukan terhadap benda uji pada penelitian ini adalah dengan merendam benda uji ke dalam bak air dan lama perendaman benda uji dilakukan sesuai dengan umur pengujian beton yang direncanakan yaitu 28 hari. Air yang digunakan pada proses perawatan ini berasal dari sumur bor Laboratorium Konstruksi Beton Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Pada saat dilakukan perendaman benda uji tidak diletakkan secara vertikal atau menumpuk. Hal ini dilakukan untuk menghindari pembebanan pada sampel sampai umur rencana pengujian.

3.9 Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas ini dilakukan pada umur benda uji 28 hari dan bertujuan untuk mendapatkan persentase rongga udara pada beton, kecepatan air dalam menyerap, dan persentase lolos air. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah ukuran 15 x 15 x 5 cm. Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah mempersiapkan air sebanyak 1000 ml, menimbang berat sampel (kg), kemudian benda uji diletakkan sampai dengan jarak ± 25 cm di wadah bak uji permeabilitas, menyirami air di atas permukaan benda uji sampai air keluar dari permukaan bawah sampel ke wadah, kemudian dicatat waktunya (detik), dan menghitung jumlah air yang keluar dari benda uji (ml), (Sukri Nur, 2013).

a. Analisa Persentase Rongga

Persentase rongga merupakan perbandingan volume pori terhadap volume total beton. Perhitungan persentase rongga udara dilakukan pada umur 28 hari, pada kondisi kering permukaan dengan rumus:

$$V_p = \frac{V_{bu} - V_{po}}{V_{bu}} \times 100 \% \quad (1.3)$$

$$\text{Dimana } V_{po} = \frac{W_a - W_w}{\gamma_w} \quad (1.4)$$

dimana

V_p = pesentase volume rongga (%)

V_{bu} = volume benda uji (liter)

V_{po} = volume rongga (liter)

W_a = berat benda uji di udara (kg)

W_w = berat benda uji di air (kg)

γ_w = berat jenis air (1 kg/liter)

b. Analisa Kecepatan Air

Perhitungan kecepatan air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri air lalu dihitung waktu air berada di atas permukaan benda uji sampai air keluar di permukaan bawah benda uji. Rumus kecepatan air dapat dilihat dibawah ini:

$$V = \frac{H}{T} \quad (1.5)$$

Dimana :

V = kecepatan air (cm/det)

H = tinggi benda uji (cm)

T = waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (detik)

c. Analisa Persentase Lolos Air

Persentase lolos air merupakan perbandingan antara jumlah air yang lolos melalui beton berpori dengan jumlah air yang dituangkan.

Perhitungan lolos air dilakukan secara manual yaitu benda uji dialiri

air lalu diukur jumlah air yang dihasilkan atau lolos dari benda uji.

Rumus perhitungan persentase lolos air dapat dilihat di bawah ini:

$$\% \text{ Lolos air} = \frac{\text{Jumlah air yang lolos (ml)}}{1000} \times 100\% \quad (1.6)$$

3.10 Pengumpulan dan Analisa Data

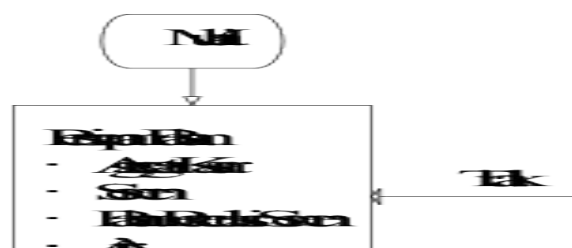
Hasil pengujian dan penelitian dilakukan pengumpulan data dan dihitung nilai permeabilitas dan nilai harga semen yang telah direduksi oleh limbah cangkang telur ayam ras pada campuran beton per m³. Analisis hasil penelitian meliputi Pengujian Distribusi, Analisis Regresi, dan Analisis Varians. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai permeabilitas beton, sedangkan variabel bebasnya adalah jumlah persentase bubuk cangkang telur pereduksi semen.

3.11 Kesimpulan dan Pembuatan Laporan

Setelah dilakukan tahapan-tahapan penelitian dari proses persiapan bahan, pemeriksaan material, perencanaan, pembuatan sampel, pengujian dan pengolahan data maka akan dilanjutkan ke tahap terakhir berupa pengambilan kesimpulan secara umum tentang hasil penelitian tersebut.

3.12 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian akan dilakukan berdasarkan garis besar tahapan penelitian sebagai bagan alir berikut pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

Sumber: Perencanaan penelitian (Penulis, 2017)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium terhadap pengaruh reduksi sebagian pemakaian semen dengan cangkang telur ayam ras, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Nilai permeabilitas untuk campuran beton berpori yang menggunakan agregat kombinasi lolos saringan ukuran 9,5 mm (tertahan saringan 4,75 mm) dan 19 mm (tertahan saringan 9,5 mm), (1A, 2A, dan 3A) berturut-turut yaitu:

Tabel 5.1 Rekapitulasi Nilai Permeabilitas Kelompok A

No.	Variasi Reduksi	Persentase Rongga (%)	Kecepatan Lolos Air (cm/det)	Persentase Lolos Air (%)
1.	0 %	45,959	4,574	93,5
2.	2,5 %	45,953	4,880	94,5
3.	5 %	44,919	4,630	92,5

Sumber: Hasil Rekapitulasi Perhitungan (Penulis, 2017)

- b. Nilai permeabilitas untuk campuran beton berpori yang menggunakan agregat lolos saringan ukuran 9,5 mm (tertahan saringan 4,75 mm), (1B, 2B, dan 3B) berturut-turut yaitu:

Tabel 5.2 Rekapitulasi Nilai Permeabilitas Kelompok B

No.	Variasi Reduksi	Persentase Rongga (%)	Kecepatan Lolos Air (cm/det)	Persentase Lolos Air (%)
1.	0 %	46,105	4,306	92,6
2.	2,5 %	48,189	4,720	93,7
3.	5 %	45,581	4,470	91,4

Sumber: Hasil Rekapitulasi Perhitungan (Penulis, 2017)

- c. Nilai permeabilitas untuk campuran beton berpori yang menggunakan agregat lolos saringan ukuran 19 mm (tertahan saringan 9,5 mm), (1C, 2C, dan 3C) berturut-turut yaitu:

Tabel 5.3 Rekapitulasi Nilai Permeabilitas Kelompok C

No.	Variasi Reduksi	Persentase Rongga (%)	Kecepatan Lolos Air (cm/det)	Persentase Lolos Air (%)
1.	0 %	51,079	4,700	96,3
2.	2,5 %	51,420	4,980	98,5
3.	5 %	50,428	4,870	95,6

Sumber: Hasil Rekapitulasi Perhitungan (Penulis, 2017)

- d. Hasil pengujian distribusi (uji normalitas) menunjukkan bahwa hasil pengujian persentase rongga, kecepatan lolos air dan persentase lolos air pada semua variasi reduksi cangkang telur terhadap penggunaan semen terdistribusi normal.
- e. Hasil analisis varian menunjukkan bahwa akibat reduksi semen pada campuran beton berpori tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap persentase rongga beton berpori, tetapi memberikan pengaruh signifikan terhadap kecepatan lolos air dan persentase lolos air.
- f. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa adanya hubungan antara variasi persentase reduksi semen pada campuran beton berpori dengan persentase rongga, kecepatan lolos air, dan persentase lolos air.
- g. Nilai reduksi cangkang telur ayam ras terhadap semen optimum adalah 5% dengan nilai selisih harga terhadap harga beton berpori tanpa reduksi adalah Rp 9.717,59,- / m³.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, untuk perkembangan substansi yang diinginkan disarankan:

- a. Perlu adanya sistem pabrikasi dan metode pengolahan (*treatment*) bubuk cangkang telur ayam ras yang lebih baik agar dapat dimanfaatkan sebagai pereduksi bahan semen secara optimal.
- b. Perlu dilakukan metode pelaksanaan yang lebih baik untuk meneliti permeabilitas dari beton berpori secara optimal.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh reduksi cangkang telur ayam ras pada campuran beton berpori, khususnya dengan menggunakan gradasi agregat yang lebih beragam pada variasi reduksi 2,5 %. Selain itu juga pengaplikasian *pervious concrete* tersebut di lapangan.
- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap reaksi kimia dari pengaruh reduksi semen oleh bubuk cangkang telur ayam ras pada campuran beton berpori.
- e. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kuat tekan beton berpori akibat pengaruh reduksi semen oleh bubuk cangkang telur ayam ras, agar diketahui kekuatan beton berpori untuk menahan beban. Terutama pada campuran beton berpori dengan gradasi agregat kombinasi lolos saringan ukuran 19 mm (tertahan saringan 9,5 mm) dan lolos saringan ukuran 9,5 mm (tertahan saringan 4,75 mm).

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, 1985. *Standard Specification for Portland Cement*. Amerika: ASTM International.
- Anonimous, 2002. *SNI – 03 2847.2002 : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonimous, 2010. *522R-10, ACI: Report on Pervious Concrete*. Amerika: American Concrete Institute.
- Arikunto S, 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik, Ed Revisi VI*. Jakarta: Penerbit PT Rineka Cipta.
- British Standard Institution, 2001. *Testing for Water for Making Concrete*. Inggris: BSI England.
- Deny Wijaya, Joko Sumiyanto, 2013. *Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Kalsium Karbonat Sebagai Substitusi Sebagian Portland Cement*. Yogyakarta: Tugas Akhir Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta.
- Frieda, 1997. *Bahan-bahan Bangunan (Buku Ajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya)*, Palangka Raya.
- Lewis, J., 2006. *Variasi Ukuran Agregat Terhadap Pada Campuran Beton Non Pasir (No Fines Concrete) Terhadap Kuat Tekan Beton*. Palangka Raya: Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- L.J. Murdock, K.M. Brook, 1999. *Concrete Materials and Practice*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Sirait, C.H., 1986. *Telur dan Pengolahannya*. Bogor: Puslitbang Peternakan.
- Sukri, N., 2013. *Studi Eksperimen Kekuatan Dan Porositas Beton Lolos Air (Porous Concrete) Untuk Pemanfaatan Jalan Semen Beton*, Universitas Pakuan Bogor.
- Tegar, Tomy, 2015. *Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Untuk Mereduksi Pemakaian Semen Pada Campuran Beton*. Palangka Raya: Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono, 2009. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Yuwanta, T., 2010. *Telur dan Kualitas Telur*. Yogyakarta: UGM-Press.