



**SUBSTITUSI SEMEN DENGAN LIMBAH LAS KARBIT BERDASARKAN
BERAT TERHADAP KUAT TEKAN PAVING**

PROYEK AKHIR

Oleh

Ahmad Hasan

NIM 161903103018

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**SUBSTITUSI SEMEN DENGAN LIMBAH LAS KARBIT BERDASARKAN
BERAT TERHADAP KUAT TEKAN PAVING**

PROYEK AKHIR

Diajukan guna melengkapi laporan proyek akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Diploma III (D3) Teknik Sipil
dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh

Ahmad Hasan

NIM 161903103018

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikanku kekuatan dan ketabahan, serta membekaliku dengan ilmu pengetahuan, sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan. Kupersembahkan karya tulis ini sebagai rasa terima kasih, dan rasa cintaku kepada :

1. Allah SWT dan Rosulullah Muhammad SAW.
2. Kedua orang tuaku Mami Kartika, Moch Salman serta kakak dan adikku Nanik Evandari, Azizah Nur Hasanah yang telah mendoakanku, memberiku rasa cinta, kasih sayang, nasihat dan pengorbananyang tidak akan bisa tergantikan hingga akhir usiaku.
3. Terima kasih untuk seluruh keluarga besarku yang memberiku motivasi, nasihat, dan dorongan.
4. Terima kasih untuk sahabatku Rizky Angga Prasetyo, Nabila Riza Aulia, dan Novita Arisandi yang selalu mensupportku, selalu ada menemaniku disaat aku susah maupun senang.
5. Terima kasih untuk Keluarga kecil kontrakanku Fajar, Mahen, Faiz, Alif, Kukuh, Haris, Agra yang telah berjuang bersama-sama setiap harinya serta membantuku dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
6. Terima kasih kepada teman-teman D3 maupun S1 Teknik Sipil angkatan 2016.
7. Terima kasih kepada Ovi, Haqni, Dika, Ainun, Bintang, dan keluarga besar Ukmo Badminton Universitas Jember.
8. Terima kasih kepada Ibu Wiwik Yunarni W dan Bapak Dwi Nurtanto yang telah memberi semangat, dukungan dan doa sehingga saya bisa menyelesaikan proyek akhir dengan tepat waktu.
9. Terima kasih kepada Dosen-dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
10. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Kesalahan akan membuat orang belajar dan menjadi lebih baik”

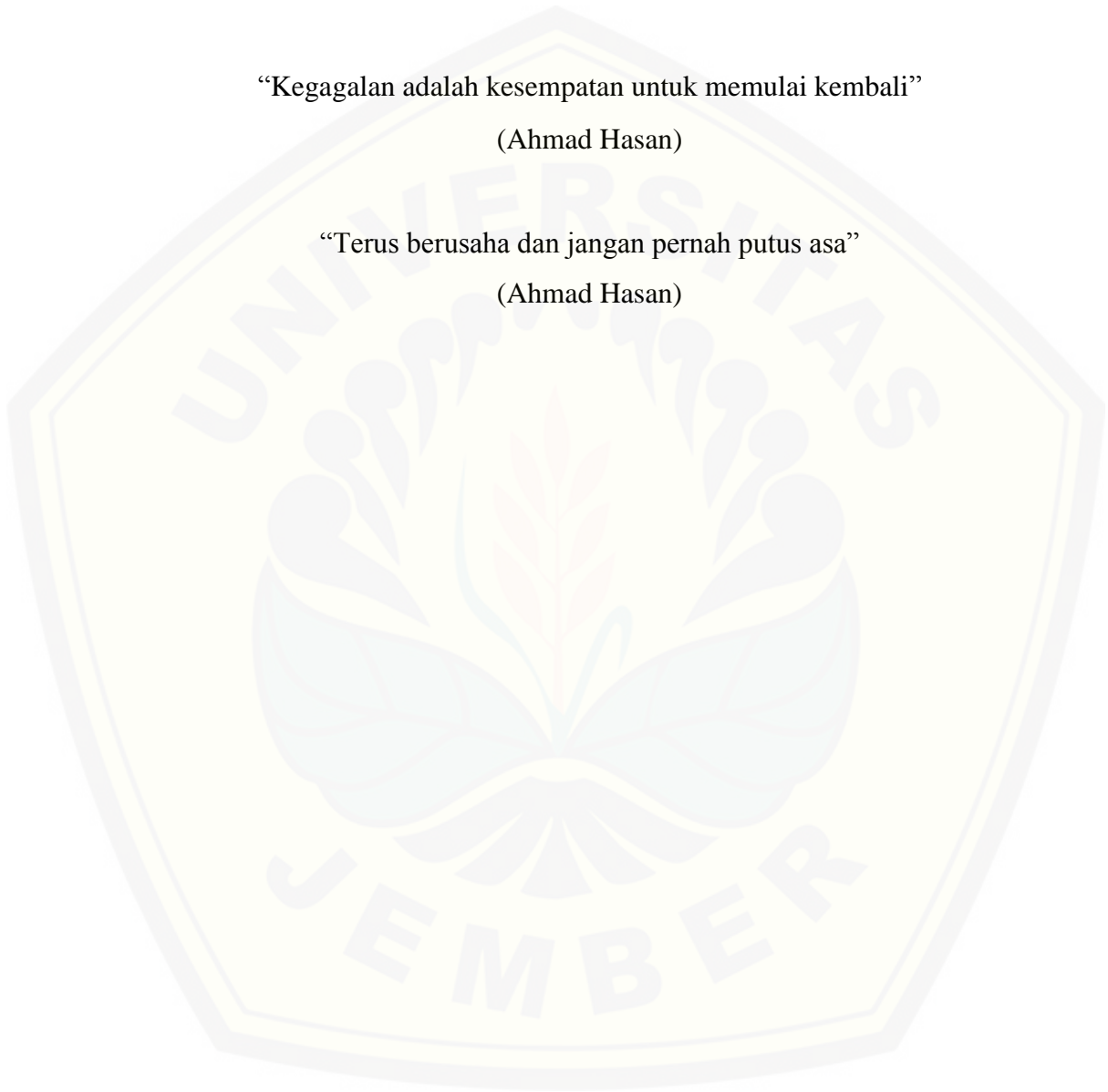
(Moch. Salman)

“Kegagalan adalah kesempatan untuk memulai kembali”

(Ahmad Hasan)

“Terus berusaha dan jangan pernah putus asa”

(Ahmad Hasan)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Hasan

Nim : 161903103018

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “SUBSTITUSI SEMEN DENGAN LIMBAH LAS KARBIT BERDASARKAN BERAT TERHADAP KUAT TEKAN PAVING” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun.

Jember, 22 Juli 2019

Yang menyatakan,

AHMAD HASAN

NIM. 161903103018

PROYEK AKHIR

**SUBSTITUSI SEMEN DENGAN LIMBAH LAS KARBIT BERDASARKAN
BERAT TERHADAP KUAT TEKAN PAVING**

Oleh

Ahmad Hasan

NIM 161903103018

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Proyek akhir berjudul **“SUBSTITUSI SEMEN DENGAN LIMBAH LAS
KARBIT BERDASARKAN BERAT TERHADAP KUAT TEKAN
PAVING”** telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 03 Januari 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 19731015 199802 1 001

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.
NIP. 19700613 199802 2 001

Tim Penguji:

Penguji I

Penguji II

Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 19701024 199803 2 001

Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 760015715

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Substitusi Semen Dengan Limbah Las Karbit Berdasarkan Berat Terhadap Kuat Tekan Paving; Ahmad Hasan; 161903103018; 2019; halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Limbah las karbit merupakan limbah yang diperoleh dari industri bengkel las karbit. Umumnya sisa-sisa karbit sisa pengelasan pada besi dibuang pada daerah tertentu atau ditimbun di daerah sekitar bengkel. Di sekitar daerah Kecamatan Balung Kabupaten Jember saja ada sekitar 15 industri bengkel las karbit. Diperkirakan dalam sehari tiap industri bengkel bisa menghasilkan 1 kg atau lebih limbah las karbit, maka dalam satu tahun saja bengkel las karbit di sekitar Kecamatan Balung Kabupaten Jember mampu memproduksi 5 ton limbah las karbit.

Pada penelitian ini proporsi campuran paving menggunakan perbandingan 1:4 (1 semen : 4 pasir) komposisi *paving block* terdiri dari semen, limbah las karbit, pasir, dan air. Perbandingan komposisi campuran yang dipakai adalah (100% semen : 0% limbah karbit : 4 pasir), (95% semen : 5% limbah karbit : 4 pasir), (90% semen : 10% limbah karbit : 4 pasir), (85% semen : 15% limbah karbit : 4 pasir), (80% semen : 20% limbah karbit : 4 pasir). Cetakan benda uji berupa paving segi empat dengan ukuran 22 cm x 11 cm x 5 cm sebanyak 30 buah, pengujian kuat tekan paving block dilakukan pada umur 7 dan 14 hari.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan terbesar terjadi pada perbandingan campuran (100% semen : 0% limbah karbit : 4 pasir) yaitu sebesar 19,10 Mpa 7 hari dan 21,38 Mpa 14 hari, sedangkan kuat tekan terkecil terjadi pada perbandingan campuran (80% semen : 20% limbah karbit : 4 pasir) yaitu 13,87 Mpa 7 hari dan 15,47 Mpa 14 hari. Nilai hasil kuat tekan dengan penambahan prosentase limbah las karbit nilai kuat tekan akan semakin menurun.

SUMMARY

Cement Substitution With Weld Carbide Waste Based On Weight Against Paving Compressive Strength; Ahmad Hasan; 161903103018; 2019; pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering University of Jember.

Carbide welding waste is waste obtained from the carbide welding workshop industry. Generally the remnants of carbide from welding are removed from certain areas or buried in the area around the workshop. Around the Balung sub-district, Jember Regency alone, there are around 15 carbide welding workshop industries. It is estimated that in one day each workshop industry can produce 1 kg or more of carbide welding waste, then within one year the carbide welding workshop in the Balung sub-district of Jember will be able to produce 5 tons of carbide welding waste.

In this study the proportion of paving blends used a comparison of 1 : 4 (1 cement : 4 sand) paving block composition consists of cement, carbide welding waste, sand, and water. The ratio of mixed compositions used is (100% cement : 0% carbide waste : 4 sand), (95% cement : 5% carbide waste : 4 sand), (90% cement : 10% carbide waste : 4 sand), (85% cement : 15% carbide waste : 4 sand), (80% cement : 20% carbide waste : 4 sand). Mold specimens in the form of rectangular paving with a size of 22 cm x 11 cm x 5 cm as many as 30 pieces, the compressive strength testing of paving blocks carried out the age of 7 and 14 days.

From the test result showed that the greatest compression strength occurred at the ratio of mixture (100% cement : 0% carbide waste : 4 sand) that is equal to 19,10 Mpa 7 days and 21,38 Mpa 14 days, while the smallest compression strength occurred in mixed comparisons (80% cement : 20% carbide waste : 4 sand) which is 13,87 Mpa 7 days and 15,47 Mpa 14 days. The value of the compression strength by increasing the percentage of carbide welding waste compression strength values will decrease further.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul ” Substitusi Semen Dengan Limbah Las Karbit Berdasarkan Berat Terhadap Kuat Tekan Paving ”. Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan diploma tiga (DIII) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT selaku Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Ir. Hernu Suyoso, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
4. Bapak Dwi Nurtanto, ST., MT selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Sipil dan sekaligus dosen pembimbing utama (DPU) proyek akhir.
5. Ibu Wiwik Yunarni Widiarti, ST., MT selaku dosen pembimbing anggota (DPA) proyek akhir.
6. Kedua Orang tua yang telah memberikan dukungan dan do'a sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini dengan baik.
7. Teman-teman Teknik Sipil 2016 yang telah memberikan dukungan, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan proyek akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga proyek akhir ini dapat bermanfaat.

Jember, 22 Juli 2019

Ahmad Hasan

161903103018

DAFTAR ISI

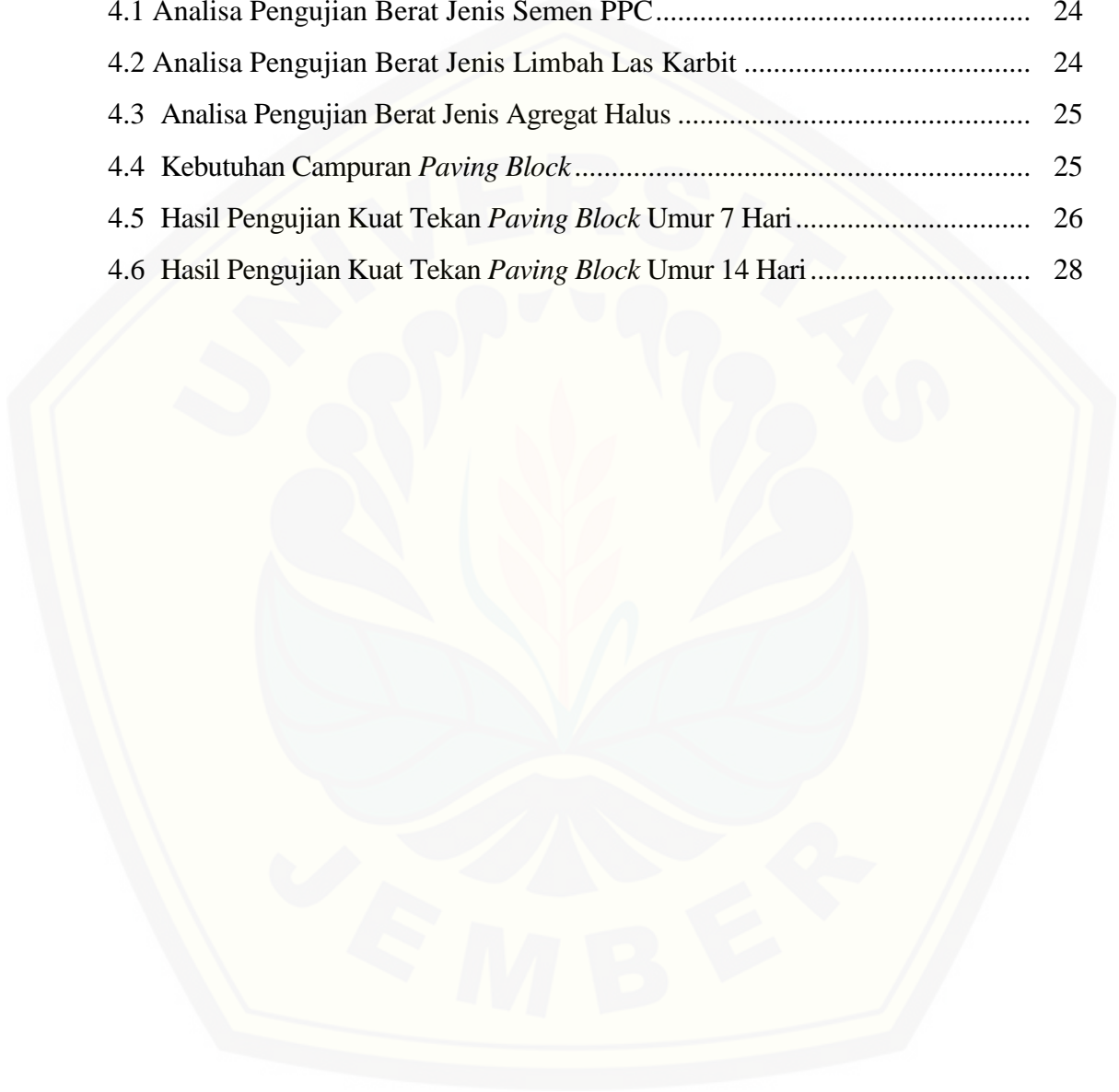
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
<i>SUMMARY</i>	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Paving Block</i>	4
2.1.1 Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	4
2.2 Komposisi Campuran <i>Paving Block</i>.....	5
2.2.1 Agregat Halus (Pasir)	5
2.2.2 Air	6
2.2.3 Semen <i>Portland</i>	7
2.2.4 Limbah Las Karbit.....	8
2.3 Macam-macam Pemakaian <i>Paving Block</i>.....	9
2.4 Keuntungan <i>Paving Block</i>	10

2.5	Cara Pembuatan <i>Paving Block</i>	10
2.6	Rancangan Campuran <i>Paving Block</i>	11
2.7	Bentuk <i>Paving Block</i>	11
2.8	Uji Coba (<i>Trial</i>).....	12
2.8.1	Uji Coba Limbah Las Karbit	12
2.8.2	Uji Coba Semen dan Limbah Las Kabit	13
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN		15
3.1	Tempat Penelitian	15
3.1.1	Tempat Penelitian	15
3.2	Pengumpulan Data dan Bahan	15
3.2.1	Alat.....	15
3.2.2	Bahan	16
3.2.3	Penyusunan Tinjauan Pustaka	16
3.3	Pengujian Bahan Penelitian.....	16
3.3.1	Semen.....	16
3.3.2	Agregat Halus (Pasir).....	17
3.3.3	Limbah Las Karbit	18
3.4	Pencampuran <i>Paving Block</i>	19
3.5	Pembuatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	20
3.6	Perawatan Benda Uji <i>Paving Block</i>	20
3.7	Uji <i>Paving Block</i>	20
3.7.1	Pengujian Kuat Tekan <i>Paving</i>	20
3.8	Analisa dan Pembahasan	21
3.9	Flow Chart Penelitian.....	23
BAB 4. PEMBAHASAN		24
4.1	Pengujian Semen.....	24
4.1.1	Berat Jenis Semen PPC.....	24
4.1.2	Berat Volume Semen PPC.....	24
4.2	Pengujian Limbah Las Karbit.....	24
4.2.1	Berat Jenis Limbah Las Karbit	24
4.2.2	Berat Volume Limbah Las Karbit	24

4.3 Pengujian Agregat Halus (Pasir)	25
4.3.1 Berat Jenis Agregat Halus.....	25
4.3.2 Berat Volume Agregat Halus.....	25
4.3.3 Kelembaban	25
4.3.4 Air Resapan.....	25
4.3.5 Analisa Saringan	25
4.4 Kebutuhan Campuran Paving	25
4.5 Uji Kuat Tekan Paving	26
BAB 5. PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

2.1 Persyaratan Mutu Setiap Jenis Bata Beton	5
2.2 Komposisi Kimia Limbah Karbit	9
4.1 Analisa Pengujian Berat Jenis Semen PPC.....	24
4.2 Analisa Pengujian Berat Jenis Limbah Las Karbit	24
4.3 Analisa Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	25
4.4 Kebutuhan Campuran <i>Paving Block</i>	25
4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 7 Hari.....	26
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> Umur 14 Hari.....	28



DAFTAR GAMBAR

2.1 Bentuk <i>Paving Block</i> Persegi Panjang	11
2.2 Bentuk <i>Paving Block</i> Segi Enam	12
2.3 Bentuk <i>Paving Block</i> Tiga Berlian	12
2.4 Bentuk <i>Paving Block</i> Segi Tiga	12
2.5 Semen 100% : Limbah Las Karbit 0%	13
2.6 Semen 75% : Limbah Las Karbit 25%	13
2.7 Semen 50% : Limbah Las Karbit 50%	14
4.1 Diagram Batang Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	27
4.2 Diagram Kuat Tekan Umur 14 Hari.....	29
4.3 Diagram Batang Perbandingan Kuat Tekan Umur 7 dan 14 Hari	30

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan konstruksi dibidang perkerasan jalan, kebutuhan akan kenyamanan jalan untuk saat ini sangat didambakan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu saat ini banyak munculnya berbagai macam alternatif baru, salah satunya ialah penggunaan limbah sebagai bahan tambah untuk pembuatan produk alternatif bahan bangunan. Inovasi-inovasi baru banyak dibutuhkan di bidang konstruksi bangunan agar dapat memenuhi kebutuhan bahan bangunan yang tinggi tersebut. Pemanfaatan sumber daya yang ada di lingkungan adalah salah satu upaya untuk mengatasi kebutuhan bahan bangunan yang terus meningkat.

Sampah atau limbah dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti bahan bangunan yang sudah ada sebelumnya, selain itu pemanfaatan sampah atau limbah juga dapat mengurangi pencemaran. Salah satu limbah yang dapat dijadikan sebagai alternatif adalah limbah las karbit. Limbah las karbit adalah sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai. Selain itu, limbah karbit merupakan bahan buangan dari karbit yang mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia silika . Silika (SiO_2) merupakan suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik pada *paving block*. Dari proses produksi yang bahan bakunya menggunakan karbit menimbulkan limbah karbit yang tidak ada nilai ekonomisnya. Komposisi kimia yang terdapat pada limbah karbit adalah SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO . Dari komposisi kimia yang ada pada limbah karbit terdapat kesamaan senyawa kimia yang terdapat pada semen. Limbah las karbit merupakan limbah yang diperoleh dari industri bengkel las karbit. Umumnya sisa-sisa karbit sisa pengelasan pada besi dibuang pada daerah tertentu atau ditimbun di daerah sekitar bengkel. Di sekitar daerah Kecamatan Balung Kabupaten Jember saja ada sekitar 15 bengkel las karbit. Diperkirakan dalam sehari tiap bengkel bisa menghasilkan 1 kg atau lebih limbah las karbit, maka dalam satu tahun saja bengkel karbit di sekitar Kecamatan Balung Kabupaten Jember mampu memproduksi 5 ton limbah las karbit. (Asward, N.H. 2012)

Selama ini pemanfaatan limbah khususnya limbah las karbit belum optimal. Limbah ini hanya dimanfaatkan sebagai tanah timbun pada area di sekitar industri bengkel las. Apabila keadaan ini dibiarkan terus menerus, maka semakin lama di area industri bengkel itu sendiri akan kekurangan lahan untuk penimbunan limbah sehingga dimungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan demikian diperlukan upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu cara untuk mengatasi agar berkurangnya jumlah limbah yaitu dengan melakukan daur ulang limbah menjadi bahan bangunan seperti *paving block*.

Paving block merupakan bahan bangunan sebagai alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah yang dibuat sebagai campuran semen, pasir dan air dengan komposisi tertentu. *Paving block* sebagai bahan perkerasan dianggap memiliki keunggulan dibanding perkerasan jalan lainnya (*flexibel* dan *rigid*) antara lain pengerjaannya mudah, biayanya murah, perawatannya mudah, memiliki daya dukung yang cukup baik serta dapat memanfaatkan material lokal sebagai bahan dasar pembuatan *paving block*. Untuk dapat berfungsi dengan baik dibutuhkan *paving block* yang mempunyai nilai ketahanan dan kuat tekan yang baik.

Dalam penelitian ini diharapkan campuran limbah las karbit digunakan sebagai substitusi semen tanpa harus mengurangi kuat tekan pada *paving block*.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada penulisan proyek akhir ini adalah bagaimana pergantian semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) dengan limbah karbit terhadap kuat tekan *paving block*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan proyek akhir ini adalah dapat mengetahui pergantian semen PPC (*Portland Pozzoland Cement*) dengan limbah karbit terhadap kuat tekan *paving block*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan proyek akhir ini adalah memberikan ide, gagasan, inovasi atau alternatif baru pada para pengusaha paving tentang manfaat limbah las karbit untuk campuran semen terhadap kuat tekan paving.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah pada proyek akhir ini, antara lain :

- 1) Limbah yang digunakan adalah limbah las karbit.
- 2) Benda uji berupa paving segi empat ukuran $22 \times 11 \times 5$ cm.
- 3) Komposisi campuran dengan perbandingan berat 1 : 4 (1 semen : 4 pasir)
- 4) Variasi prosentase limbah karbit yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%.
- 5) Semen yang digunakan adalah semen tipe 1 PPC (*Portland Pozzoland Cement*).
- 6) Benda uji berjumlah 30 buah.
- 7) Pengujian kuat tekan paving dilakukan pada 7 dan 14 hari.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Paving Block

Paving block dikenal juga dengan sebutan bata beton lantai atau *concrete block* yaitu didefinisikan sebagai suatu komposisi bahan bangunan yang terbuat dari bahan campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air, dan agregat (abu batu/pasir) dengan atau tanpa tambahan lainnya (SNI 03-0691-1996). *Paving block* digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah.

2.1.1 Syarat Mutu *Paving Block*

Paving block untuk lantai harus memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

- a. Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan jari tangan.
- b. Bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam *leaflet* mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.
- c. Penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai diperkenankan kurang lebih 3 mm.
- d. *Paving block* untuk lantai apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1 hg.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 tentang klasifikasi *paving block* (bata beton lantai) dibedakan menurut kelas penggunaannya sebagai berikut :

Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan

Bata beton mutu B : digunakan untuk pelataran parkir

Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki

Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan pengguna lain

Persyaratan mutu untuk masing-masing jenis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2.1 Persyaratan Mutu Setiap Jenis Bata Beton Menurut SNI 03-0691-1996

Mutu	Kuat Tekan (Mpa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
	Rata-rata	Minimal	Rata-rata	Minimal	
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Keterangan : *MPa = mega pascal, 1 Mpa = 10 kg/cm₂

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

Paving block yang diproduksi secara manual biasanya termasuk dalam mutu beton kelas D atau C yaitu untuk tujuan pemakaian non-struktural, seperti untuk taman dan penggunaan lain yang tidak diperlukan untuk menahan beban berat di atasnya. Mutu *paving block* yang pengerjaannya dengan menggunakan mesin pres hidrolis dapat dikategorikan ke dalam mutu beton kelas C sampai A dengan kuat tekan diatas 125 kg/cm₂ bergantung pada perbandingan campuran bahan yang digunakan. (Anonim, 2005)

2.2 Komposisi Campuran *Paving Block*

2.2.1 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07-5 mm (SNI 03-1750-1990). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pematik/semen. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan (Tri Mulyono, 2004).

Cara membedakan jenis agregat yang sering dilakukan yaitu dengan didasarkan pada ukuran butiran-butirannya. Agregat yang memiliki ukuran

butiran besar disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang berbutir kecil disebut agregat halus. Dalam bidang teknologi beton nilai batas tersebut umumnya ialah 4,75 mm atau 4,80 mm. Agregat yang butirannya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar, dan agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Secara umum, agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah, adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang didapat dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecah batu. Agregat yang butirannya lebih kecil dari 1,20 mm kadang disebut juga pasir halus, sedangkan butiran yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut *slit*, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut *clay*.

Menurut SNI 03-1750-1990 untuk menghasilkan *paving block* yang baik, agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
- b. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80.
- c. Kadar lumpur / bagian butir yang lebih kecil dari 0,07 maksimum 5%.
- d. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan natrium hidroksida 3%, jika dibandingkan dengan warna standar atau pembanding, tidak lebih tua dari pada warna standar (sama).
- e. Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka, memberikan angka hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20.

2.2.2 Air

Menurut British Standart (BS) 3148 : 1980, air yang berasal dari sumber alam tanpa pengolahan, sering mengandung bahan- bahan organik, zat organik dan zat-zat yang mengapung seperti tanah liat, minyak dan kotoran lainnya, yang berpengaruh buruk terhadap mutu dan sifat paving. Fungsi air pada campuran *paving block* adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan

berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Pemakaian air pada pembuatan campuran harus karena terlalu kelebihan air akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, jika terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi hasil kekuatan *paving block* tersebut.

2.2.3 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis (dapat mengeras jika bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan (SK SNI S-04-1989). Pada dasarnya semen portland terdiri dari 4 unsur yang paling penting yaitu :

1. Trikalسيوم silikat (C3S) atau $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.
2. Dikalسيوم silikat (C2S) ATAU $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.
3. Trikalسيوم aluminat (C3A) atau $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.
4. Tetraikalسيوم aluminoforit (C4AF) atau $\text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Silikat dan aluminat yang terkandung dalam semen portland jika bereaksi dengan air akan menjadi perekat yang memadat lalu membentuk massa yang keras. Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen portland di Indonesia dalam SK SNI S-04-1989-F dapat dibagi menjadi 5 tipe, yaitu :

- a. Tipe I

Semen jenis ini digunakan untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Kadar C3S antara 48-52% dan kadar C3A antara 10-15%.

b. Tipe II

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Kadar C3S sama besar dengan kadar C3A, yaitu maksimal 8% alkali rendah.

c. Tipe III

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar C3S sangat tinggi dan butirannya sangat halus.

d. Tipe IV

Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar C3S dan C3A rendah.

e. Tipe V

Semen ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Portland Pozoland Cement (PPC) semen *hidraulic* tipe 1 adalah yang paling sering digunakan sebagai perekat pada bangunan. Keunggulan semen portland yaitu dapat meningkatkan kekuatan dan pengerasan melalui reaksi kimia dengan air yang disebut hidrasi.

2.2.4 Limbah Las Karbit

Limbah karbit adalah sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai. Limbah las karbit dapat pula meningkatkan kinerja beton, yang dalam hal ini mempengaruhi karakteristik campuran seperti persen rongga dan ketahanan terhadap deformasi. Komposisi limbah karbit Budiarto 2007.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Limbah Karbit

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
SiO ₂	0,50
Fe ₂ O ₃	0,04
Al ₂ O ₃	3,20
CaO	72,33
Lain-lain	23,93

(Sumber : Budiarto, 2007)

Penambahan limbah karbit yaitu upaya untuk meningkatkan unsur kalsium yang diperlukan dalam terjadinya reaksi *pozzolanic*. Reaksi *pozzolanic* merupakan reaksi antara kalsium dengan silikat atau aluminat sehingga membentuk “*comenting agent*” berupa kalsium silikat dan aluminat. *Comenting agent* tersebut merupakan suatu massa yang keras dan kaku yang hampir sama dengan proses hidrasi pada *Portland Cement*.

2.3 Macam-macam Pemakaian *Paving Block*

1. *Paving block* sebagai perkerasan jalan.

Pada mulanya *paving block* diperkirakan hanya berfungsi untuk memperindah lapisan permukaan perkerasan dan tidak berfungsi sebagai struktur. Namun setelah dilakukan percobaan oleh J. Knapton (*Cement and Concrete* 1967 di Inggris), terbukti bahwa lapisan permukaan *paving block* mampu menyebarkan tegangan vertikal dengan baik, sehingga *paving block* berikut pasir extra beton sebagai “ *Sand Bedding* “ dapat dianggap sebagai pengganti aspal (*hotmix*) dengan tebal tertentu.

2. Penempatan *paving block* dilapangan sebagai perkerasan jalan

- Tentukan rencana penempatan *paving block* di halaman rumah atau di jalan lingkungan.
- Gali tanah sebagai *sub grade* (tanah dasar), kemudian padatkan secukupnya.

- c. Untuk *paving block* jalan lingkungan, dasar galian harus dibuat pondasi dari urugan sirtu tebal minimal 10 cm, urugan batu pecah minimal 10 cm serta urugan pasir alas setebal 3-5 mm.
 - d. Untuk halaman rumah, dasar galian ditimbun pasir setebal 3-5 mm, diratakan dan dipadatkan.
 - e. Pasang *paving block* diatas pasir alas dengan jarak celah antar *paving block* 3 mm.
 - f. Isi pasir pada celah-celah antar *paving block*.
3. Pedestrian (untuk pejalan kaki)
 - a. Daerah pedestrian.
 - b. Pertamanan/*landscaping*.
 4. Industri
 - a. *Factory loading toys*.
 - b. *Lorry freight terminals*.
 - c. *Airport-aircraft parking areas*.

2.4 Keuntungan *Paving Block*

1. Mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan yang bersifat *insidental*.
2. Dapat diproduksi baik secara mekanis atau dengan cetak tangan.
3. Tidak mudah rusak oleh perubahan cuaca
4. Tidak mudah rusak oleh kendaraan.
5. Anti slip.
6. Memperindah lapisan permukaan.
7. Daya serap air tinggi, sehingga dapat mengurangi genangan air di halaman.

2.5 Cara Pembuatan *Paving Block*

Cara pembuatan paving dapat dilakukan dengan cara *press hidrolis* (dengan mesin) dan dengan *press manual*.

1. Dengan cara *press hidrolis* (dengan mesin)

Alat *press* paving yang digerakkan dengan tenaga mesin (*diesel*), alat *press hidrolis* dapat menghasilkan kualitas paving yang baik, karena tekanan yang diberikan pada tiap-tiap paving lebih merata dan tekanan yang diberikan juga lebih besar, sehingga paving yang dibuat dengan alat *press hidrolis* lebih padat dari pada yang dibuat dengan *press* manual. Kapasitas alat *press hidrolis* yaitu maksimal 1000 buah/hari.

2. Dengan cara *press* manual

Alat *press* ini digerakkan dengan tenaga manusia, dan dirancang sangat sederhana, mudah dipindahkan. Karena alat ini digerakkan dengan tenaga manusia maka tekanan yang diberikan pada tiap-tiap paving tidak merata. Alat *press* manual maksimal kapasitasnya 150-200 buah/hari.

2.6 Rancangan Campuran *Paving Block*

Perencanaan Campuran atau adukan paving dimaksudkan untuk mendapatkan paving yang sebaik-baiknya, yang antara lain untuk mendapatkan :

1. Kuat tekan yang optimal.
2. Mudah dikerjakan.
3. Tahan lama.

Dalam penelitian perencanaan campuran adukan paving digunakan metode secara umum yang biasa dilakukan oleh perusahaan bahan bangunan yaitu dengan menggunakan alat cetak hidrolis.

2.7 Bentuk *Paving Block*



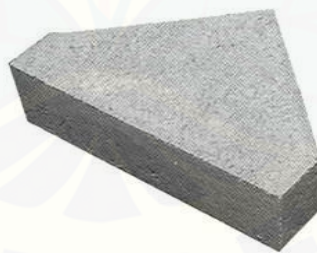
Gambar 2.1 Bentuk *paving block* persegi panjang



Gambar 2.2 Bentuk *paving block* segi enam



Gambar 2.3 Bentuk *paving block* tiga berlian



Gambar 2.4 Bentuk *paving block* segitiga

2.8 Uji Coba (*Trial*)

2.8.1 Uji Coba Limbah Las Karbit

Membuat campuran limbah las karbit dengan kadar air yang berbeda menggunakan cetakan kubus ukuran 5 x 5 cm yaitu :

- a. Limbah las karbit 150 gr : air 15 ml
- b. Limbah las karbit 150 gr : air 30 ml

c. Limbah las karbit 150 gr : air 45 ml

d. Limbah las karbit 150 gr : air 60 ml

Dari percobaan diatas campuran kadar air yang tepat adalah 45 ml karena saat dikeluarkan dari cetakan yang tercampur dengan baik dan tidak ada retakan dilihat secara fisik, untuk yang 60 ml campuran limbah las karbit menjadi cair dan tidak bisa di cetak.

2.8.2 Uji Coba Semen dan Limbah Las Karbit

Membuat campuran semen dan limbah las karbit yaitu :

a. Semen 100% : limbah las karbit 0%



Gambar 2.5 Semen 100% : limbah las karbit 0%

b. Semen 75% : limbah las karbit 25%



Gambar 2.6 Semen 75% : limbah las karbit 50%

c. Semen 50% : limbah las karbit 50%



Gambar 2.7 Semen 50% : limbah las karbit 50%

Dari percobaan diatas yang paling kuat yaitu 100% semen dan yang paling kecil adalah 50% limbah las karbit.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang di terapkan pada penelitian ini adalah studi experimental, yakni melakukan uji coba (*trial*) dengan acuan penelitian sebelumnya di laboratorium. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kuat tekan pada *paving block* menggunakan campuran limbah karbit pada umur 3, 7 dan 28 hari dengan perawatan oven.

3.1 Tempat Penelitian

3.1.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian untuk pengambilan sampel (limbah karbit) diambil dari sisa-sisa pengelasan di industri bengkel Kec. Balung, Kab. Jember, Jawa Timur. Pembuatan *paving block* dilakukan di UD. Bumi Raya Balung dan pengujian *paving block* dilakukan di Laboratorium Teknik yang bertempat di kampus Patrang Jember. Tahap pengerjaan proposal penelitian ini dimulai pada bulan April hingga Mei 2019, serta pelaksanaan persiapan bahan, pembuatan benda uji hingga pengujian sampai bulan Juni.

3.2 Pengumpulan Data dan Bahan

Untuk memperoleh data-data penelitian, terlebih dahulu mempersiapkan alat dan bahan sebagai berikut :

3.2.1. Alat :

- a. Satu set ayakan
- b. Timbangan dengan ketelitian 1 gram dan 10 gram
- c. Oven
- d. Alat penggetar listrik
- e. Seperangkat alat vikat
- f. Gelas ukur 200 cc dan picnometer 100 cc
- g. Solet perata, corong, cawan alumunium
- h. Takaran berbentuk silinder dengan volume 3 liter dan 10 liter
- i. Alat perojok dari besi f 16 mm dan panjang 60 cm
- j. Cetakan paving

k. Mesin uji kuat tekan beton dengan kemampuan 1500 KW

3.2.2. Bahan :

- a. Semen
- b. Agregat halus (pasir) didapatkan dari pasir disekitar sungai Kabupaten Jember
- c. Limbah karbit didapatkan dari proses sisa pengelasan dibengkel las karbit
- d. Air bersih
- e. Minyak tanah

3.2.3. Penyusunan Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini diperoleh dari referensi buku-buku perpustakaan maupun diluar perpustakaan untuk pembuatan laporan proyek akhir sebagai pendukung.

3.3 Tahap Pengujian Bahan

3.3.1 Semen

Untuk mengetahui sifat fisik semen dilakukan pengujian karakteristik sebagai berikut :

1. Berat jenis semen.

- a. Bertujuan untuk mengukur berat jenis semen.
- b. Pengujian dilakukan dengan cara masukkan semen kedalam picnometer, isi dengan minyak tanah lalu ditimbang. Bersihkan picno dari semen dan minyak, isikan picno dengan minyak tanah sampai batas dan ditimbang.

$$BJ \text{ semen} = 0,8 \frac{W1}{(W1-W2+W3)} \dots\dots\dots(3-2)$$

Dimana : W1 = Berat semen (gr)

W2 = Berat semen + minyak + picnometer (gr)

W2 = Berat picnometer + minyak (gr)

2. Berat volume semen

- a. Bertujuan mengukur berat volume/isi semen, yaitu perbandingan berat semen dengan volume cetakan.
- b. Pengujian ada 2 macam :

3.5 Pembuatan Benda Uji *Paving Block*

Dalam penelitian ini benda uji yang dibuat adalah berbentuk segi empat (batu bata) yang mana ukurannya sesuai dengan ukuran paving pada umumnya. Tahap umum dalam pembuatan benda uji paving adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan semua material yang dibutuhkan dengan proporsi sesuai pada hasil perbandingan yang telah ditentukan.
2. Menyiapkan segala peralatan yang akan digunakan.
3. Campur limbah karbit, pasir dan semen sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan kemudian campuran tersebut diaduk dengan rata dan diberi air sedikit demi sedikit hingga didapat campuran setengah basah.
4. Campuran yang setengah basah tersebut dimasukkan dalam cetakan kemudian dipress dengan menggunakan alat pengepress paving kemudian cetakan dibuka dan benda uji tersebut ditempatkan pada tempat yang lembab selama 24 jam, setelah itu direndam dalam bak.
5. Benda uji dalam penelitian ini berjumlah 3 sample tiap masing-masing komposisi campuran.

3.6 Perawatan Benda Uji *Paving Block*

Perawatan benda uji yaitu setelah paving dicetak dan didiamkan ditempat yang teduh selama kurang lebih 24 jam, kemudian lakukan proses perendaman dalam jangka waktu sesuai dengan umur paving yang akan di uji yaitu 7 hari dan 14 hari. Perendaman ini bertujuan agar proses hidrasi semen dapat bereaksi dengan sempurna, karena semen akan membutuhkan banyak air dalam proses hidrasinya.

3.7 Uji *Paving Block*

3.7.1 Pengujian Kuat Tekan Paving

Pengujian kuat tekan paving dilakukan setelah benda uji direndam selama 7 hari dan 14 hari. Pengujian ini menggunakan alat *compressin test*. Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pembacaan pada alat *compression test* berhenti. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji tersebut sudah maksimal.

Adapun langkah-langkah dalam melakukan pengujian kuat tekan paving adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan benda uji yang akan diuji kuat tekannya dengan mengeluarkannya dari tempat perendaman dan mendiampkannya selama kurang lebih 24 jam, kemudian menimbang beratnya dengan timbangan analitis 25 kg.
2. Menempatkan benda uji dalam mesin kuat tekan (*compression strength*) tepat pada centernya.
3. Membuka beban (*load*) dengan memutar stang beban ke arah *load*.
4. Menghidupkan mesin agar mesin dapat membebani benda uji sampai pada saat benda uji paving tidak kuat lagi menahan beban yang ditunjukkan dengan berhentinya jarum (hitam dan merah) petunjuk beban (dalam KN) dan biasa diikuti dengan retaknya benda uji.
5. Mematikan mesin tepat pada saat kedua jarum mulai tidak tepat naik lagi atau jarum hitam mulai turun.
6. Mengurangi beban dengan memutar stang beban ke arah *unload* sedikit demi sedikit agar jarum hitam tidak bergerak turun dengan cepat karena hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada mesin.
7. Membaca dan mencatat beban maksimum dari benda uji paving tersebut.
8. Mengeluarkan benda uji setelah mesin benar-benar tidak membebani atau sudah mesin mati (*unload* maksimum).

3.8 Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan dilakukan terhadap data-data hasil pengujian dilaboratorium yang diantaranya sebagai berikut :

1. Analisa hasil pengujian agregat (pasir dan limbah karbit)
2. Analisa hasil pengujian semen (PPC)
3. Analisa terhadap nilai kuat tekan paving

Dengan menekan benda uji paving sampai hancur pada mesin kuat tekan, akan diperoleh beban hancur paving. Kemudian beban hancur paving ini dibagi dengan luasan permukaan benda uji yang tertekan, maka akan diperoleh besarnya

kuat tekan paving, jadi kuat tekan paving adalah beban persatuan luas yang menyebabkan paving hancur.

Analisis data meliputi ;

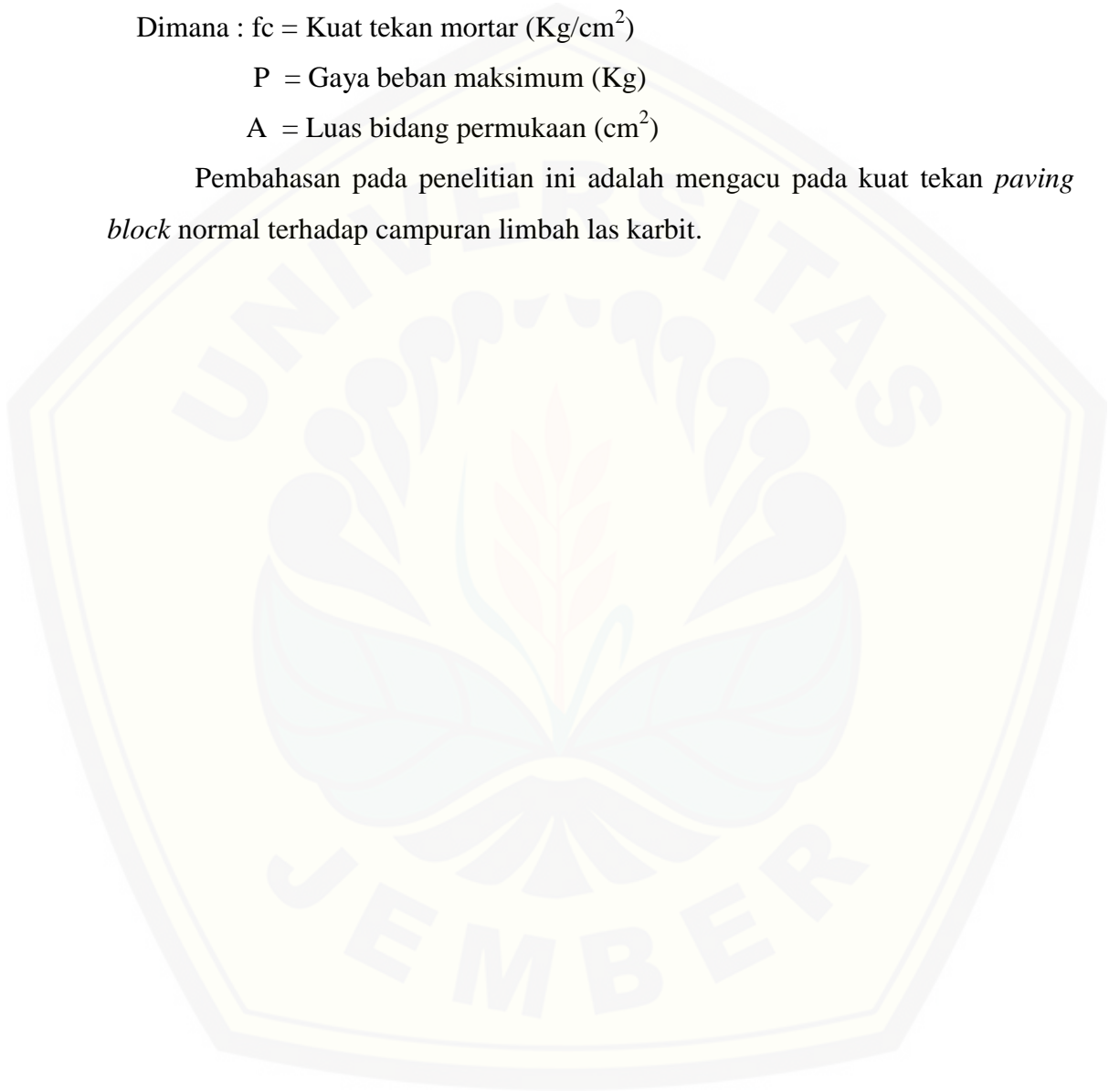
1. Kuat tekan mortar $f_c = \frac{P}{A}$ (3-10)

Dimana : f_c = Kuat tekan mortar (Kg/cm^2)

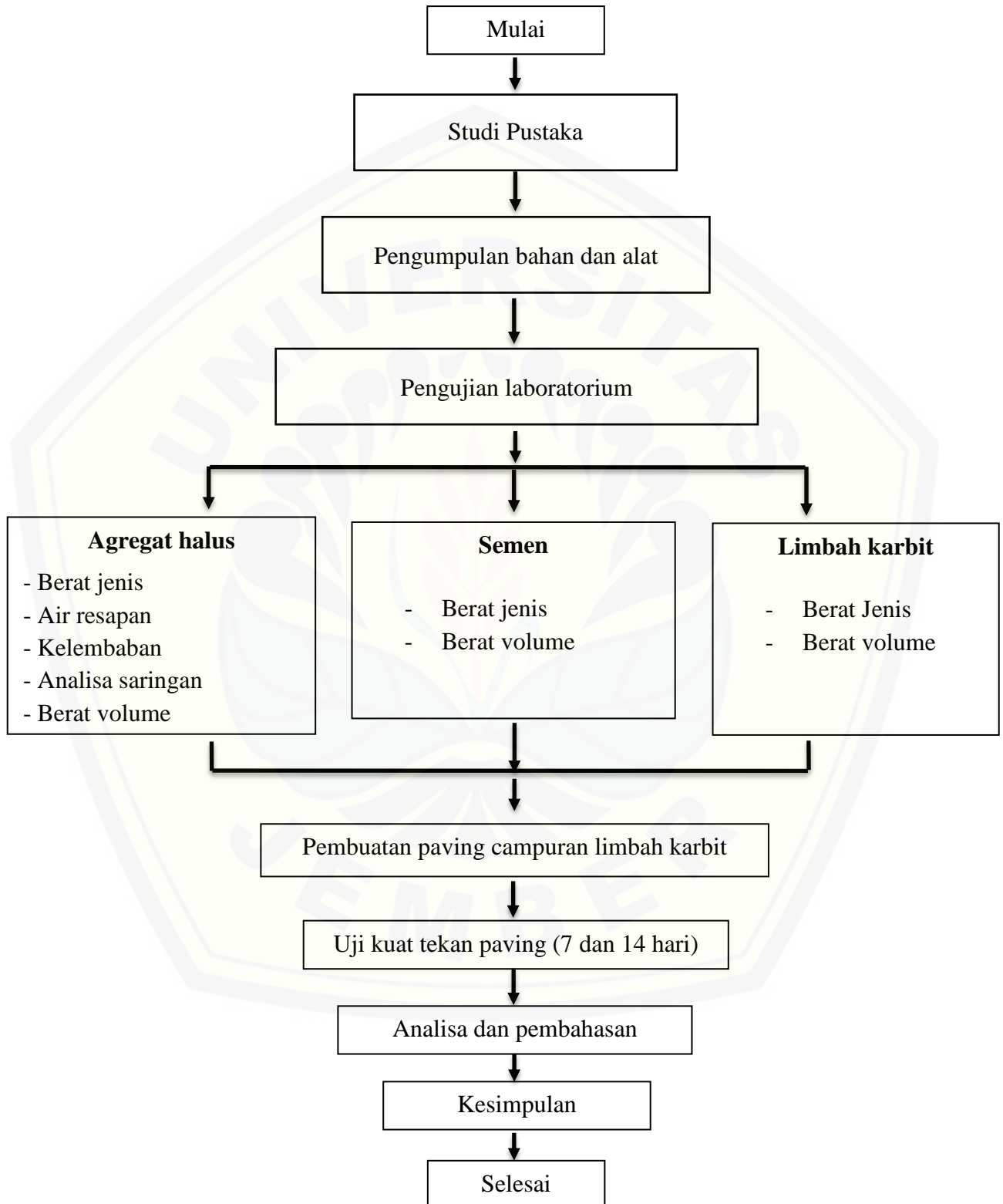
P = Gaya beban maksimum (Kg)

A = Luas bidang permukaan (cm^2)

Pembahasan pada penelitian ini adalah mengacu pada kuat tekan *paving block* normal terhadap campuran limbah las karbit.



3.9 Flow Chart Penelitian



BAB 5. PENUTUP

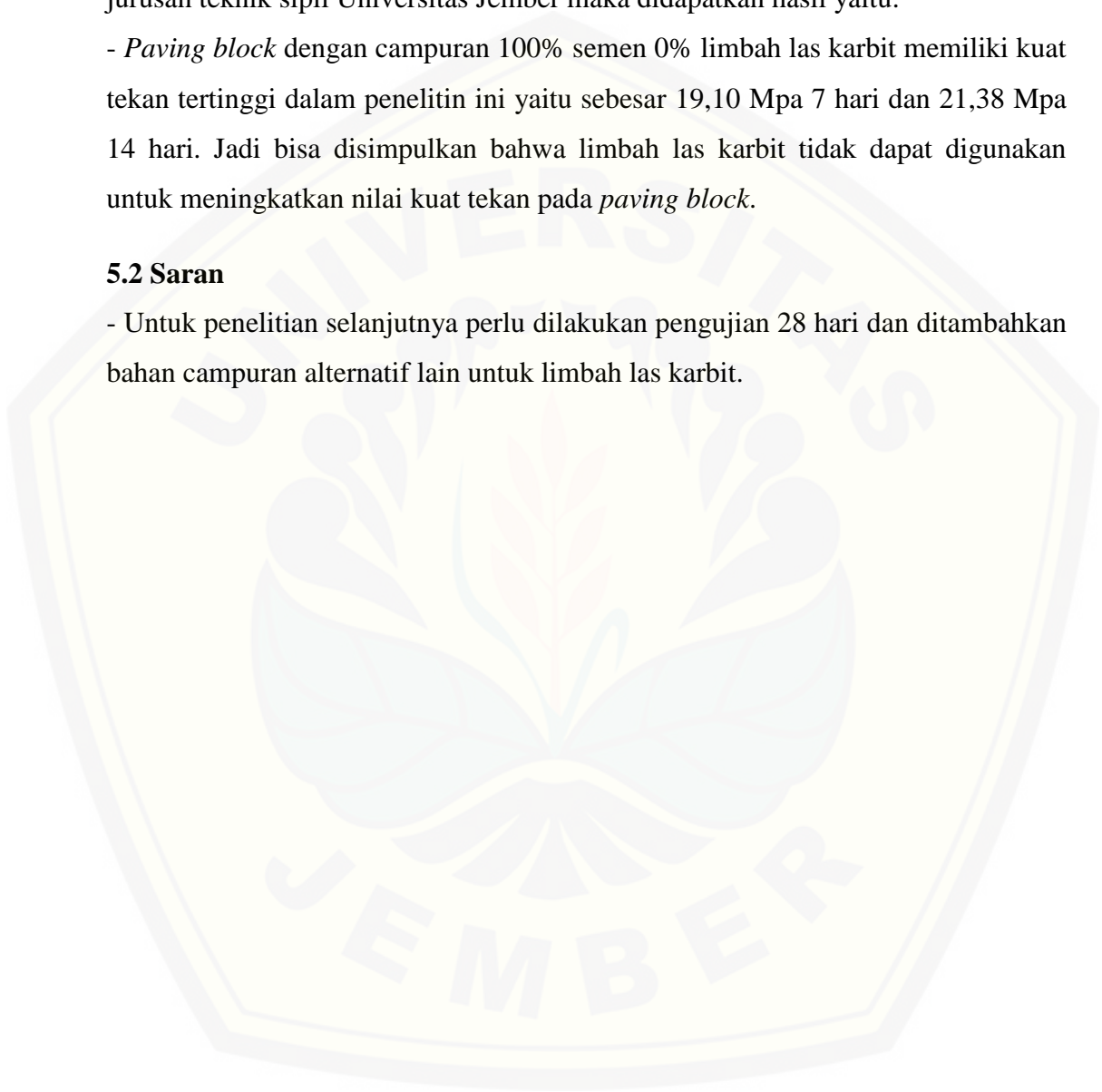
5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan di laboratorium struktur jurusan teknik sipil Universitas Jember maka didapatkan hasil yaitu:

- *Paving block* dengan campuran 100% semen 0% limbah las karbit memiliki kuat tekan tertinggi dalam penelitian ini yaitu sebesar 19,10 Mpa 7 hari dan 21,38 Mpa 14 hari. Jadi bisa disimpulkan bahwa limbah las karbit tidak dapat digunakan untuk meningkatkan nilai kuat tekan pada *paving block*.

5.2 Saran

- Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian 28 hari dan ditambahkan bahan campuran alternatif lain untuk limbah las karbit.



DAFTAR PUSTAKA

- Hidayah, Entin. *Petunjuk Praktikum Teknologi Beton*. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Jember.
- Mulyono Tri. 2006. *Teknologi beton*.
- Murdock, L. J. & Brook, K. M. 1999. *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi IV. Jakarta:ERLANGGA.
- Rajiman. (2015). Pengaruh Penambahan Limbah Karbit dan Material Agregat Alam (*Fledspart*) Terhadap Sifat Fisik Beton. *Tapak* Vol. 4 No. 2, 118-124.
- SNI 03-0691-1996 klasifikasi *paving block* (bata beton).
- Tokede Brian Bhakti Purnaseta. (2018). Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Batu Bara dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran *Paving Block*. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*. Vol. 1: hal. 40-48.
- Wardhono, Arie. (2018). Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Batu Bara dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Pada campuran *Paving Block*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.

LAMPIRAN

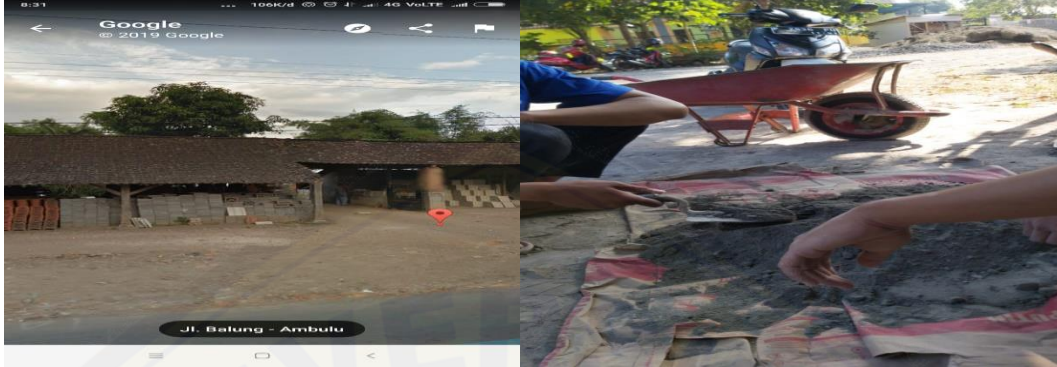
PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN



PEMBUATAN BENDA UJI



PEMBUATAN BENDA UJI



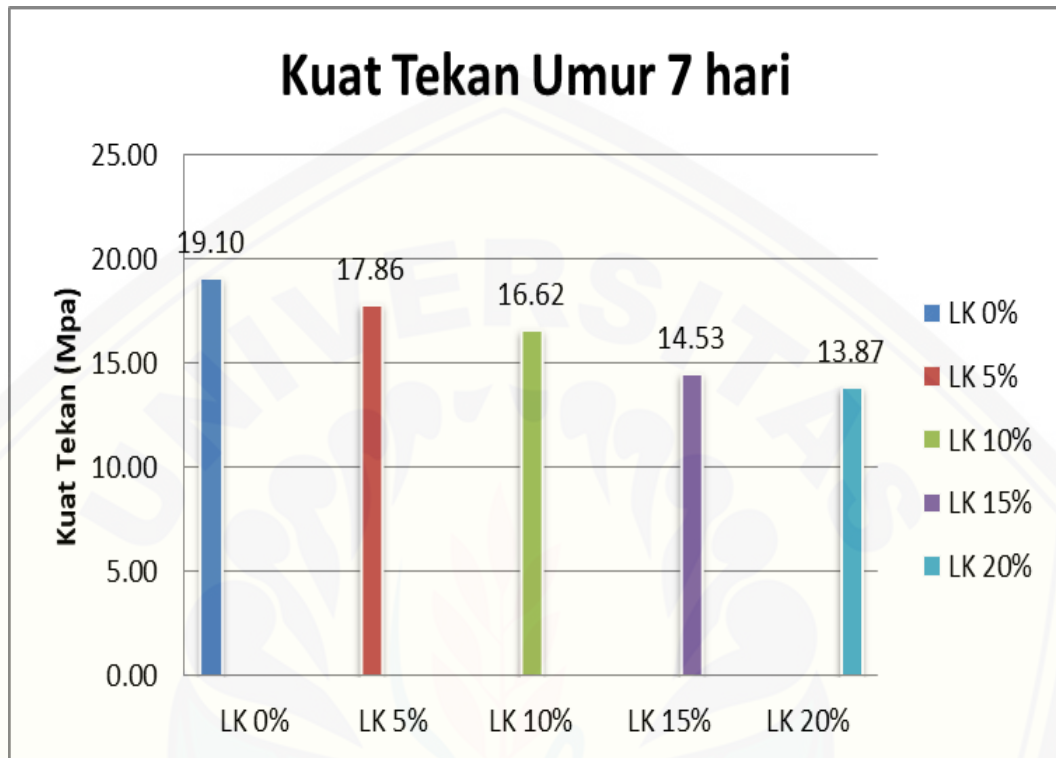
PENGUJIAN KUAT TEKAN PAVING



HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN 7 HARI

Benda Uji	Komposisi Campuran	Kode Sample	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
I	100% pc : 0% lk : 4 pasir	bu 1	19.16	19.10
		bu 2	19.09	
		bu 3	19.04	
II	95% pc : 5% lk : 4 pasir	bu 1	17.52	17.86
		bu 2	18.62	
		bu 3	17.43	
III	90% pc : 10% lk : 4 pasir	bu 1	16.48	16.62
		bu 2	16.75	
		bu 3	16.63	
IV	85% pc : 15% lk : 4 pasir	bu 1	13.93	14.53
		bu 2	13.65	
		bu 3	16.00	
V	80% pc : 20% lk : 4 pasir	bu 1	13.72	13.87
		bu 2	13.74	
		bu 3	14.15	

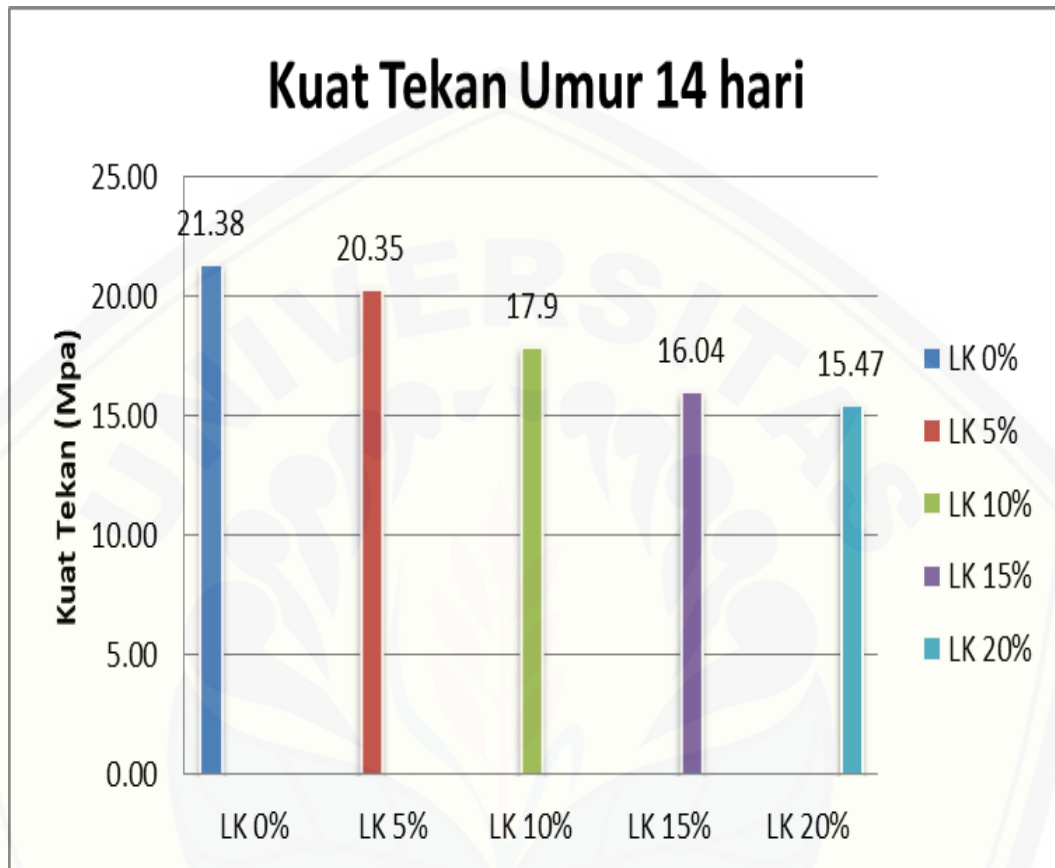
DIAGRAM BATANG: HASIL KUAT TEKAN UMUR 7 HARI



HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN 14 HARI

Benda Uji	Komposisi Campuran	Kode Sample	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata Kuat Tekan (Mpa)
I	100% pc : 0% lk : 4 pasir	bu 4	20,34	21,38
		bu 5	21,36	
		bu 6	22,43	
II	95% pc : 5% lk : 4 pasir	bu 4	19,73	20,35
		bu 5	20,02	
		bu 6	21,28	
III	90% pc : 10% lk : 4 pasir	bu 4	18,05	17,90
		bu 5	17,87	
		bu 6	17,77	
IV	85% pc : 15% lk : 4 pasir	bu 4	15,66	16,04
		bu 5	16,06	
		bu 6	16,39	
V	80% pc : 20% lk : 4 pasir	bu 4	15,86	15,47
		bu 5	14,47	
		bu 6	16,08	

DIAGRAM BATANG: HASIL KUAT TEKAN UMUR 14 HARI



PERBANDINGAN KUAT TEKAN UMUR 7 DAN 14 HARI

