

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN HARGA *PAVING BLOCK*
KONVENSIONAL DENGAN *PAVING BLOCK*
CAMPURAN BAHAN TAMBAH ABU AMPAS TEBU
(*PRICE COMPARISON OF CONVENTIONAL PAVING
BLOCK AND PAVING BLOCK WITH ADMIXTURE OF
BAGASSE ASH*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Hadiyan Umara
11511256**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN HARGA *PAVING BLOCK*
KONVENSIONAL DENGAN *PAVING BLOCK*
CAMPURAN BAHAN TAMBAH ABU AMPAS TEBU
(*PRICE COMPARISON OF CONVENTIONAL PAVING
BLOCK AND PAVING BLOCK WITH ADMIXTURE OF
BAGASSE ASH*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Hadiyan Umara
11511256**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN HARGA *PAVING BLOCK* KONVENSIONAL DENGAN *PAVING BLOCK* CAMPURAN BAHAN TAMBAH ABU AMPAS TEBU (*PRICE COMPARISON OF CONVENTIONAL PAVING BLOCK AND PAVING BLOCK WITH ADMIXTURE OF BAGASSE ASH*)

Disusun oleh

Hadiyan Umara
11511256

Telah diterima sebagai persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

diuji pada tanggal 23 Oktober 2018

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing I



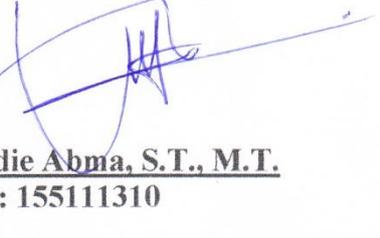
Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T.
NIK: 875110101

Penguji I



Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110102

Penguji II



Vendie Abma, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku.

Yogyakarta, Oktober 2018
Yang membuat pernyataan,



Hadiyan Umara
(11511256)

*Dedicated to the persons I want to
show the most... but can't*

A deep sorry...

for I am too late

KATA PENGANTAR

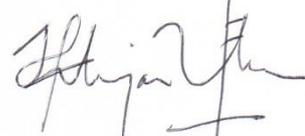
Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Perbandingan Harga Paving Block Konvensional Dengan Paving Block Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T. selaku Ketua Jurusan,
2. Ibu Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T. selaku Dosen Pembimbing I,
3. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji I,
4. Bapak Vendie Abma, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II,
5. Orang tua dan teman-teman yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Oktober 2018



Hadiyan Umara
11511256

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batas Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Umum	6
2.2 Penelitian Sebelumnya	6
2.2.1 Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu PG.Madukismo Sebagai Bahan Substitusi dan Bahan Pengisi (<i>Filler</i>) Terhadap Karakteristik <i>Paving Block</i>	6
2.2.2 Penggunaan Metode Multi Respon Taguchi dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> dengan Bahan Alternatif Pendukung Abu Ampas Tebu	7
2.2.3 Harga Pokok Produksi <i>Paving Block</i> dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kuat Tekan	8

2.3 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya	9
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Umum	12
3.2 <i>Paving Block</i>	12
3.2.1 Klasifikasi dan Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	12
3.2.2 Keunggulan <i>Paving Block</i>	15
3.2.3 Kelemahan <i>Paving Block</i>	15
3.3 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i>	15
3.3.1 Semen Komposit <i>Portland (Portland Composite Cement)</i>	15
3.3.2 Pasir	16
3.3.3 Air	18
3.3.4 Abu Ampas Tebu	19
3.4 Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	20
3.5 Penyerapan Air <i>Paving Block</i>	22
3.6 Perbandingan Campuran	23
3.7 Harga Pokok Produksi	23
BAB IV METODE PENELITIAN	26
4.1 Umum	26
4.2 Benda Uji	26
4.3 Bahan dan Peralatan Penelitian	28
4.3.1 Bahan	28
4.3.2 Peralatan Penelitian	28
4.4 Lokasi Penelitian	30
4.5 Prosedur Penelitian	30
4.5.1 Persiapan Bahan	30
4.5.2 Pemeriksaan Bahan	30
4.5.3 Pembuatan Campuran Bahan	35
4.5.4 Pembuatan Benda Uji	36
4.5.5 Perawatan Benda Uji	36
4.5.6 Pengujian Benda Uji	36
4.6 Harga Pokok Produksi <i>Paving Block</i> Campuran Abu Ampas Tebu	37

4.6.1	Penentuan Harga Pokok Produksi	37
4.6.2	Data yang Diperlukan dalam Penelitian	37
4.6.3	Analisis Kelayakan Usaha <i>Paving Block</i> Campuran Abu Ampas Tebu	38
4.7	Bagan Alir Penelitian	38
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		40
5.1	Umum	40
5.2	Hasil Pemeriksaan Bahan	40
5.3	Perhitungan Kebutuhan Campuran Bahan	42
5.4	Hasil Pengujian Benda Uji	43
5.4.1	Pengujian Kuat Tekan Benda Uji	43
5.4.2	Pengujian Penyerapan Air Benda Uji	48
5.5	Perhitungan Harga Jual Benda Uji dan Perbandingannya dengan <i>Paving Block</i> Konvensional	52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 3.1	Sifat Fisik <i>Paving Block</i>	14
Tabel 3.2	Syarat Kimia Utama <i>Semen Portland</i>	16
Tabel 3.3	Hasil Pengujian Abu Ampas Tebu Setelah Pembakaran	19
Tabel 3.4	Perbandingan Unsur-unsur Kimia dalam Abu Ampas Tebu dengan Pozzolan Lainnya	20
Tabel 3.5	Jenis Semen Untuk Kuat Tekan	21
Tabel 4.1	Jumlah Benda Uji	27
Tabel 4.2	Komposisi Perbandingan Campuran pada Benda Uji	35
Tabel 5.1	Kebutuhan Campuran Benda Uji	43
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> SNI	45
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 0%	45
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 2,5%	45
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 5%	46
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 7,5%	46
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 10%	46
Tabel 5.8	Kuat Tekan Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i>	47
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> SNI	49
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji dengan Variasi 0%	49
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji dengan Variasi 2,5%	49
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji dengan Variasi 5%	50
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji dengan Variasi 7,5%	50
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji dengan Variasi 10%	50
Tabel 5.15	Penyerapan Air Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving Block</i>	51
Tabel 5.16	Daftar Harga Jual <i>Paving Block</i>	52
Tabel 5.17	Keuntungan <i>Paving Block</i> Keuntungan <i>Paving Block</i> Campuran Bahan Tambah Abu AmpasTebu dari Harga Pokok Produksi Terhadap Harga Jual <i>Paving Block</i> di Pasaran	58

Tabel 5.18 Perbandingan Harga Jual *Paving Block* Konvensional dengan
Paving Block Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bentuk-bentuk <i>Paving Block</i>	14
Gambar 3.2	Perbandingan Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan	21
Gambar 4.1	Dimensi Benda Uji (<i>Paving Block Tipe Holland</i>)	27
Gambar 4.2	Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>) Pelaksanaan Penelitian	39
Gambar 5.1	Gradasi Pasir Daerah III Pasir Agak Halus	41
Gambar 5.2	Grafik Kuat Tekan Rata-rata <i>Paving Block</i>	47
Gambar 5.3	Grafik Penyerapan Air Rata-rata <i>Paving Block</i>	51
Gambar L-1.1	Semen Komposit <i>Portland</i>	69
Gambar L-1.2	Pasir	69
Gambar L-1.3	Tangki Air	70
Gambar L-1.4	Abu Ampas Tebu	70
Gambar L-2.1	Timbangan	71
Gambar L-2.2	Saringan	71
Gambar L-2.3	Mesin Pengguncang/Penggetar Saringan	72
Gambar L-2.4	<i>Oven</i>	72
Gambar L-2.5	Gelas Ukur/ <i>Piknometer</i>	73
Gambar L-2.6	Silinder	73
Gambar L-2.7	Cetakan <i>Paving Block Tipe Holland</i>	74
Gambar L-2.8	Mesin Press <i>Paving Block</i>	74
Gambar L-2.9	Bak Adukan dan Cetok	75
Gambar L-2.10	Alat Uji Kuat Tekan	75
Gambar L-2.11	Jangka Sorong/Kaliper	76
Gambar L-2.12	Baskom	76
Gambar L-2.13	Sendok Semen	76
Gambar L-2.14	Sikat Kawat	77
Gambar L-2.15	Talam	77
Gambar L-2.16	Plastik Kawat	77
Gambar L-9.1	<i>Piknometer</i> Berisi Pasir dan Air dalam Pengujian Berat Jenis	

	dan Penyerapan Air Pasir	86
Gambar L-9.2	Silinder Berisi Pasir dalam Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Pasir	86
Gambar L-9.3	Campuran Bahan Penyusun Benda Uji dalam Pembuatan Benda Uji	87
Gambar L-9.4	Penuangan Campuran Bahan ke Dalam Cetakan <i>Paving Block</i> pada Mesin Press <i>Paving Block</i>	87
Gambar L-9.5	Benda Uji Setelah Pencetakan	88
Gambar L-9.6	Pengujian Kuat Tekan	88
Gambar L-9.7	Pengujian Penyerapan Air	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Bahan Yang Digunakan	69
Lampiran 2	Gambar Alat Yang Digunakan	71
Lampiran 3	Form 01/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII	78
Lampiran 4	Form 03.1/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII	79
Lampiran 5	Form 05.1/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII	81
Lampiran 6	Form 05.2/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII	82
Lampiran 7	Form 07/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII	83
Lampiran 8	Form Pengujian Kuat Tekan	84
Lampiran 9	Dokumentasi Penelitian	86

ABSTRAK

Paving block merupakan material yang dapat digunakan sebagai pengerasan jalan atau penutup permukaan tanah yang tidak hanya memiliki berbagai jenis bentuk, ukuran, dan warna namun juga kuat tekan dan penyerapan air yang baik dan juga ekonomis. Dalam upaya untuk menekan biaya pembangunan, salah satu caranya adalah dengan pemanfaatan limbah salah satunya adalah abu ampas tebu yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan *paving block* sehingga menghasilkan harga jual yang lebih murah. Maka dari itu diadakan penelitian ini untuk mengetahui persentase penggunaan abu ampas tebu yang tepat sehingga layak jual sesuai mutu SNI 03-0691-1996 dan dapat bersaing di pasaran, dengan membandingkannya dengan harga jual yang ada di pasaran.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan benda uji kontrol. Benda uji kontrol dibuat tanpa penambahan abu ampas tebu, sedangkan benda uji penelitian dibuat dengan penambahan variasi abu ampas tebu. Komposisi campuran yang digunakan yaitu 1pc : 6ps dengan fas 0,35, sedangkan abu tempurung kelapa yang digunakan sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat semen. Proses pembuatan *paving block* dilakukan dengan menggunakan alat mesin pres hidrolik dan penggetar. Pengujian *paving block* dilakukan pada umur 21 hari setelah proses pembuatan benda uji.

Dari hasil pengujian diperoleh pilihan optimum *paving block* yang digunakan yaitu *paving block* dengan kadar abu ampas tebu 2,5% yang memiliki kuat tekan 245,486 kg/cm² dijual sebagai *paving block* K225 seharga Rp. 54.000,- dengan selisih Rp. 5.000,- lebih murah dari harga jual pasaran dan *paving block* dengan kadar abu ampas tebu 7,5% yang memiliki kuat tekan 224,840 kg/cm² dijual sebagai *paving block* K200 seharga Rp. 53.000,- dengan selisih Rp. 3.000,- lebih murah dari harga jual pasaran.

Kata kunci : *paving block*, abu ampas tebu, kuat tekan, daya serap air, harga jual *paving block*

ABSTRACT

Paving block is a material that can be used as a pavement or ground surface cover that not only had various types of shapes, dimension, and colors but also had a good compressive strength and water absorption, also aesthetic and economical value. In effort to reduce construction costs, one of the solution is a utilization of industrial waste such as bagasse ashes, which can be used as a substitution of cement partially in the production of paving blocks. Therefore, this research was conducted to determine the percentage of the use of bagasse ash which is appropriate so that it is suitable to sell according to the quality of SNI 03-0691-1996 and can compete in the market, by comparing it with the selling price on the market.

This research use an experimental method using control specimens. The control specimens made without the addition of bagasse ash, while the research specimen is made by adding some variations of bagasse ashes. The mixture composition that used is 1pc : 6ps with ratio of cemen and water 0,35, while the bagasse ash used 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, and 10% by weight of cement. The process of producing paving blocks was done by using a hydraulic pressing machine and vibrator. Testing paving blocks done at age 21 days after the process of making test objects.

Based on the result that obtained from the conducted research, the optimum choice of paving block that will be used are paving block that contains 2.5% of bagasse ash which has a compressive strength of 245,486 kg/cm² sold as K225 paving block for Rp. 54,000,- with a difference of Rp. 5.000,- cheaper than the market price and paving block that contains 7.5% of bagasse ash which has a compressive strength of 224.840 kg/cm² sold as a K200 paving block for Rp. 53,000,- with a difference of Rp. 3,000,- cheaper than the market price.

Keywords: *paving blocks, bagasse ash, compressive strength, water absorbtion, and paving block selling price*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan infrastruktur, baik sarana maupun prasarana, semakin meningkat di masyarakat seiring berkembangnya zaman demi memajukan kualitas hidup yang lebih baik. Infrastruktur tersebut bisa berupa sekolah, perumahan, taman hijau, dan sebagainya. Beberapa diantaranya memerlukan material, salah satunya *paving block* (bata beton) yang berfungsi untuk menutup permukaan tanah dan juga sebagai pengerasan jalan atau tanah. Dilansir dari tulisan Asiacon (2018) keunggulan dalam pemakaian *paving block* antara lain:

1. Memiliki berbagai bentuk, ukuran, dan warna yang jika dipasang dengan baik dengan pola tertentu dapat meningkatkan nilai estetika dan daya tarik pada suatu infrastruktur atau properti.
2. Sebagai pengerasan jalan, pengerjaan pemasangan *paving block* lebih mudah, sederhana, tidak memerlukan banyak peralatan, dan ramah lingkungan dibanding pengerasan menggunakan aspal atau beton *ready mix* yang memerlukan keahlian, peralatan khusus seperti alat berat untuk pengecoran, dan pengerjaannya yang dapat mengganggu kenyamanan lingkungan di sekitarnya.
3. Memiliki daya serap air yang lebih baik dari aspal atau beton *ready mix* sehingga menghindari munculnya lumpur atau genangan air di permukaan, serta menjaga keseimbangan tanah dan penopang bangunan di sekitarnya. Dengan demikian ketersediaan air tanah yang digunakan sehari-hari jadi jauh lebih banyak.
4. Merupakan solusi pengerasan dalam jangka panjang karena memiliki daya tahan yang sama baiknya dengan cor beton, tahan terhadap cuaca, garam, minyak, dan bahan kimia. Dengan memilih kualitas *paving* yang baik dapat digunakan sampai 20 tahun jika terawat dengan baik.

5. Hemat dan ekonomis, tidak hanya karena material yang digunakan tetapi proses pemasangan dan perawatan *paving block* yang mudah, sederhana, dan tidak banyak memerlukan banyak peralatan tidak banyak menghabiskan banyak biaya dibandingkan aspal dan beton *ready mix*.

Dari keunggulan pemakaian *paving block* yang sudah dipaparkan diatas, jelas bahwa *paving block* memiliki keuntungan yang tidak dapat diragukan, sehingga pemakaian *paving block* sangat bermanfaat dalam pembangunan infrastruktur. Namun dengan kemajuan teknologi saat ini, berbagai inovasi dan penelitian dilakukan untuk menciptakan produk bermutu tinggi dan juga menekan harga produksi *paving block* seperti pemanfaatan limbah ataupun bahan sisa-sisa industri yang tidak terpakai sebagai bahan alternatif, dengan harapan harga produksi suatu *paving block* menjadi lebih murah dari biasanya. Salah satu limbah atau sisa-sisa industri tersebut yang bisa dimanfaatkan adalah ampas tebu.

Ampas tebu merupakan limbah sisa olahan yang bisa dijumpai di pabrik gula atau dari pedagang minuman es tebu dan biasanya berakhir dibuang untuk dibakar. Menurut pengujian yang dilakukan Wibowo & Hatmoko (2001) dalam Hatmoko (2007) abu ampas tebu mengandung silika, alumina, dan feroksida yang cukup tinggi dan dapat berperan sebagai *pozzolan* yang mampu meningkatkan kekuatan beton. Tjokrodinuljo (1996) menyatakan Dalam Nurchasanah (2012) *pozzolan* ialah bahan yang memiliki kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 yang akan memiliki sifat hidraulis meyerupai semen bila berbentuk halus dan tercampur dengan air karena bereaksi dengan kalsium. Menurut pengujian Fauzi dkk. (2013) abu ampas tebu yang dibakar dapat mengandung silika sebesar 71% dimana untuk memenuhi syarat ASTM (*American Standard for Testing Material*) silika harus $\geq 70\%$. Sementara menurut SNI 15-2049-2004 kandungan silika dalam semen *portland* sebagai bahan dasar pembuatan *paving block* mengandung silika sebesar 20%. Dengan begitu abu ampas tebu memungkinkan mampu meningkatkan kualitas sebuah *paving block* dari *paving block* konvensional.

Melihat ampas tebu sebagai limbah olahan yang terbuang sia-sia memiliki kandungan yang sangat bermanfaat dalam pembuatan *paving block*, dan juga keunggulan pemakaian *paving block* sebagai material yang memiliki nilai

keindahan, kemudahan, kekuatan, dan biaya yang ekonomis, maka dalam penelitian ini ingin memanfaatkan abu ampas tebu dengan menggantikan sekian berat semen normal yang digunakan dalam pembuatan *paving block* untuk dapat mengetahui peningkatan mutu atau kualitas yang terjadi pada *paving block* dan menunjukkan perbandingan harga *paving block* dari *paving block* konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Dari keunggulan pemakaian *paving block* yang telah disampaikan, kegunaan *paving block* yang bermutu dan berkualitas secara teknis adalah *paving block* yang memiliki daya tahan dan daya serap air yang baik yang memenuhi standar sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Untuk dapat menghasilkan *paving block* dengan daya tahan dan daya serap air yang baik maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui:

1. Berapa kadar abu ampas tebu yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk menghasilkan *paving block* yang bermutu sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
2. Berapa besar nilai kuat tekan dan angka penyerapan air pada *paving block* dengan campuran abu ampas tebu yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
3. Berapa harga jual *paving block* dengan campuran abu ampas tebu yang memiliki nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yang dapat bersaing di pasaran dan perbandingan harganya dengan *paving block* konvensional.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mencapai beberapa tujuan antara lain:

1. Untuk mengetahui presentase abu ampas tebu yang digunakan untuk menghasilkan *paving block* yang bermutu sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
2. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan angka penyerapan air pada *paving block* dengan penambahan abu ampas tebu yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
3. Untuk mengetahui harga jual *paving block* dengan penambahan abu ampas tebu yang memiliki nilai kuat tekan dan nilai penyerapan air yang sesuai standar dan membandingkan harganya dengan *paving block* konvensional.

1.4 Batasan Penelitian

Perlu adanya batasan penelitian agar penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian, diantaranya yaitu:

1. Pasir yang digunakan adalah pasir dari Merapi.
2. Semen yang digunakan adalah semen *portland* komposit (PCC) merek Tiga Roda kemasan 40 kg.
3. Dalam penelitian ini abu ampas tebu diperoleh dari pedagang minuman es tebu yang dibakar oleh peneliti.
4. Abu ampas tebu yang digunakan adalah sebagai bahan substitusi semen dan lolos Saringan No. 200.
5. Air yang digunakan berasal dari saluran air di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Universitas Islam Indonesia.
6. Perbandingan semen dan pasir menggunakan rasio 1 : 6 dengan variasi abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat normal semen.
7. Nilai faktor air semen (fas) menggunakan angka 0,35.
8. Penelitian dilakukan dengan standar SNI-03-0691-1996 tentang *paving block* yaitu kinerja kuat tekan, dan penyerapan air pada *paving block* dalam keadaan keras.
9. *Paving block* dalam penelitian ini adalah tipe *holland* berukuran 20 x 10 x 6 cm, dan *paving block* konvensional yang digunakan adalah *paving block* dengan tingkat kekerasan K200.
10. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini hanya sebatas pengujian kuat tekan dan penyerapan air dalam kondisi *paving block* berumur 21 hari.
11. Penelitian hanya sebatas menganalisa perbandingan harga jual antara *paving block* di pasaran dan *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu.

1.5 Manfaat Penelitian

Kontribusi yang ingin diberi dari penelitian ini baik buat perkembangan ilmu pengetahuan maupun masyarakat antara lain:

1. Menjadi pertimbangan atau acuan dalam pemilihan produk *paving block* yang menggunakan bahan alternatif yang memanfaatkan limbah produksi;
2. mengurangi limbah ampas tebu yang terbuang percuma sehingga dapat mengurangi pencemaran;
3. dapat digunakan oleh mahasiswa untuk mengembangkan penelitian ini untuk yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Penelitian ini dilakukan karena adanya penelitian-penelitian terdahulu dalam tulisan maupun karya ilmiah yang penelitiannya masih dapat dikembangkan sehingga dapat memperoleh atau memberikan hasil penelitian yang jauh lebih bermanfaat baik bagi ilmu pengetahuan maupun bagi masyarakat.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Sebagai referensi data penunjang, beberapa hasil penelitian menjadi acuan untuk dilaksanakannya penelitian ini yang berkaitan dengan *paving block*, abu ampas tebu, atau sejenisnya.

2.2.1 Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu PG.Madukismo Sebagai Bahan Substitusi dan Pengisi (Filler) Terhadap Karakteristik Paving Block.

Nugroho (2014) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah ampas tebu dari Pabrik Gula Madukismo yang telah dibakar menjadi abu untuk pembuatan *paving block*. Penelitian ini menggunakan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi semen dan sebagai bahan pengisi (*filler*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu ampas tebu sebesar 15% dari berat semen sebagai substitusi semen (*optimum*) ditambah dengan variasi abu ampas tebu sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat semen normal sebagai bahan tambah pengisi (*filler*) pada *paving block* terhadap peningkatan karakteristik mutu, kuat tekan, kuat lentur, keausan, dan penyerapan air pada *paving block*. Benda uji dikelompokkan menjadi lima benda uji antara lain A0 (tidak menggunakan abu ampas tebu), B0 (abu ampas tebu sebagai bahan substitusi semen sebesar 15% dari berat semen normal), C0 (abu ampas tebu sebagai bahan substitusi semen sebesar 15% dari berat semen ditambah 5% abu ampas tebu sebagai bahan pengisi (*filler*)), D0 (abu ampas tebu sebagai bahan substitusi semen sebesar 15% dari berat semen ditambah 10% abu ampas tebu sebagai bahan pengisi (*filler*)), dan E0 (abu ampas

tebu sebagai bahan substitusi semen sebesar 15% dari berat semen ditambah 15% abu ampas tebu sebagai bahan pengisi (*filler*). Komposisi yang digunakan adalah perbandingan semen : pasir sebesar 1 : 5,5. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dalam pengujian *paving block* terhadap peningkatan karakteristik adalah sebagai berikut:
 - a. *Paving block* tipe (B0) dengan nilai FAS 0,35 dapat meningkatkan karakteristik *paving block* dibandingkan dengan *paving block* normal (A0).
 - b. *Paving block* dengan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi semen ditambah dengan variasi abu ampas tebu sebagai *filler* dalam *paving block* (C0, D0, dan E0) dengan nilai FAS 0,35 justru mengalami penurunan karakteristik *paving block* berturut-turut sebanding dengan penambahan abu ampas tebu sebagai *filler* jika dibandingkan dengan *paving block* tipe B0.
2. Dari hasil pengujian karakteristik *paving block* yang meliputi kuat tekan, kuat lentur, keausan, dan daya serap air maka dapat diketahui seberapa besar pengaruh abu ampas tebu terhadap karakteristik *paving block*. Dan dapat disimpulkan sebagai berikut:
 - a. *Paving block* tipe B0 adalah hasil terbaik dalam penelitian ini. Dibandingkan dengan *paving block* tipe A0 maka *paving block* B0 mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 134,2%, kuat lentur sebesar 115,1%, keausan sebesar 23,29%, dan penyerapan air sebesar 63,15%.
 - b. *Paving block* tipe C0, D0, dan E0 berturut-turut mengalami penurunan sesuai dengan penambahan variasi abu ampas tebu sebagai *filler* pada *paving block* jika dibandingkan dengan *paving block* tipe B0.

2.2.2 Penggunaan Metode Multi Respon Taguchi dalam Pembuatan *Paving Block* dengan Bahan Alternatif Pendukung Abu Ampas Tebu

Fauzi dkk. (2013) telah melakukan penelitian tentang penggunaan metode multi respon Taguchi dalam pembuatan *paving block* dengan bahan alternatif abu ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan rasio semen dan abu

ampas tebu optimal dalam pembuatan *paving block* yang sesuai menurut SNI 03-0691-1996 tentang *paving block* menggunakan metode Taguchi. Pada penelitian ini menggunakan tiga level faktor rasio berat semen dan abu ampas tebu, antara lain 65% : 35%, 75% : 25%, dan 85% : 15%. Hasil dari penelitian ini yaitu rasio berat semen dan abu ampas tebu optimal pada pembuatan *paving block* adalah 75% : 25%.

2.2.3 Harga Produksi *Paving Block* dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kuat Tekan

Setiawan (2017) telah melakukan penelitian mengenai penambahan abu tempurung kelapa dalam pembuatan *paving block*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block*, serta untuk mengetahui nilai kuat tekan dan penyerapan air yang memenuhi standar SNI 03-0691-1996, dan juga harga produksi sebuah *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa yang kompetitif di pasaran. Dalam penelitian ini menggunakan abu tempurung kelapa dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Hasil penelitian kuat tekan rata-rata *paving block* dengan penambahan 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% abu tempurung kelapa berturut-turut yaitu 266,06 kg/cm², 282,41 kg/cm², 260,49 kg/cm², 226,11 kg/cm², dan 195,19 kg/cm².
2. *Paving block* dengan variasi 2,5% atau dengan komposisi campuran 1 pc : 6 pasir : 2,5% abu tempurung kelapa memiliki kuat tekan yang paling tinggi yakni 282,41 kg/cm² atau setara dengan 26,32 Mpa. Hal ini sesuai Standar SNI-03-0691-1996 kategori *paving block* mutu B dengan kegunaan sebagai pelataran parkir.
3. Banyak sedikitnya variasi penambahan bahan tambah (abu tempurung kelapa) belum tentu mempengaruhi hasil optimum nilai kuat tekan suatu benda uji (*paving block*).
4. Daya serap air pada *paving block* mengalami peningkatan setiap penambahan limbah abu tempurung kelapa dibandingkan dengan *paving block* normal (tanpa penambahan limbah abu tempurung kelapa). Semakin besar

penambahan variasi limbah abu tempurung kelapa semakin meningkat juga kadar daya serap air dari *paving block*. Hasil penelitian daya serap air *paving block* abu tempurung kelapa berturut-turut yaitu sebesar 5,924%, 6,674%, 6,995%, 7,629%, dan 8,394%.

Pada perhitungan harga produksi *paving block* abu tempurung kelapa memiliki harga pokok total sebesar Rp. 1.303,38 per buah, sehingga bila *paving block* dijual dengan harga seperti yang ada dipasaran sebesar Rp. 1.400,- per buah maka *paving block* abu tempurung kelapa lebih murah dibandingkan dengan *paving block* di pasaran dan mempunyai keuntungan sebesar 6,90% per buah.

2.3 Perbedaan dari Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini *paving block* menggunakan ukuran benda uji *paving block* 20 x 10 x 6 cm sehingga perbandingan campuran semen dan pasir yang digunakan 1 : 6 serta persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% sebagai bahan pengganti sebagian semen dan pengujian yang dilakukan hanya pada pengujian kuat tekan dan daya serap air. Sedangkan pada penelitian sebelumnya menggunakan perbandingan campuran semen dan pasir sebesar 1 : 5,5 karena benda uji yang dibuat berukuran 20 x 10 x 8 cm dengan persentase abu ampas tebu 15% sebagai bahan substitusi semen ditambah dengan variasi 5%, 10%, 15% abu ampas tebu sebagai bahan pengisi (*filler*). Dari hasil penelitian ini diketahui perbedaannya yaitu ukuran benda uji, perbandingan campuran berat semen, penggunaan abu ampas tebu, dan variasi penambahan abu ampas tebu yang digunakan dalam pembuatan *paving block*.

Pada penelitian ini juga *paving block* menggunakan campuran abu ampas tebu untuk mencari nilai kuat tekan, angka penyerapan air, dan mengetahui harga pokok produksi dari *paving block*. Sedangkan pada penelitian sebelumnya *paving block* menggunakan campuran abu tempurung kelapa untuk mencari nilai kuat tekan, angka penyerapan air, dan mengetahui harga pokok produksi dari *paving block*.

Adapun perbedaan dan persamaan dengan penelitian sebelumnya disajikan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Tabel Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti (Tahun)	Jenis bahan tambah	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan	
				Penelitian terdahulu	Rencana penelitian
Nugroho (2014)	Abu Ampas Tebu	<p>- Penambahan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi semen meningkatkan karakteristik, kuat tekan, kuat lentur, keausan, dan daya serap air <i>paving block</i> dibandingkan dengan tanpa ditambahkan abu ampas tebu</p> <p>- Terjadi penurunan karakteristik, kuat tekan, kuat lentur, keausan, dan daya serap air <i>paving block</i> oleh penambahan abu ampas tebu sebagai bahan pengisi dibandingkan dengan <i>paving block</i> tanpa ditambahkan abu ampas tebu dan <i>paving block</i> dengan abu ampas tebu sebagai bahan substitusi</p>	<p>- Menggunakan bahan tambah abu ampas tebu</p> <p>- Menggunakan <i>paving block</i> tipe holland</p> <p>- Melakukan pengujian kuat tekan dan daya serap air</p>	<p>- Menghitung kuat tekan, kuat lentur, keausan, dan daya serap air dengan penambahan abu ampas tebu</p> <p>- Dimensi benda uji 20 x 10 x 8 cm</p> <p>- Komposisi campuran Ipc : dengan persentase abu ampas tebu 15% bahan substitusi, 5%, 10%, dan 15% bahan pengisi</p> <p>- Abu ampas tebu sebagai bahan substitusi dan bahan pengisi</p>	<p>- Menghitung kuat tekan dan daya serap air paving block penambahan abu ampas tebu</p> <p>- Dimensi benda uji 20 x 10 x 6 cm</p> <p>- Komposisi campuran Ipc : 6ps, dengan persentase abu ampas tebu 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% sebagai bahan substitusi</p> <p>- Abu ampas tebu sebagai bahan substitusi</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Tabel Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti (Tahun)	Jenis bahan tambah	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan	
				Penelitian terdahulu	Rencana penelitian
Fauzi dkk. (2013)	Abu Ampas Tebu	- Rasio berat semen dan abu ampas tebu optimal pada pembuatan <i>paving block</i> adalah 75% : 25%.	- Menggunakan bahan tambah abu ampas tebu.	- Pengujian menggunakan metode Taguchi - Menggunakan rasio berat semen dan abu ampas tebu 65% : 35%, 75% : 25%, dan 85% : 15%	- Pengujian menggunakan standar dari SNI - Menggunakan abu ampas tebu sebesar 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat semen
Setiawan (2017)	Abu Tempurung Kelapa	- Penambahan abu tempurung kelapa pada <i>paving block</i> mengalami peningkatan pada kuat tekan dan daya serap air - Harga produksi <i>paving block</i> yang menggunakan bahan tambah abu tempurung kelapa lebih murah dibanding dengan <i>paving block</i> biasa	- Melakukan pengujian pada <i>paving block</i> . - Menghitung harga produksi	- Menggunakan bahan tambah abu tempurung kelapa	- Menggunakan bahan tambah abu ampas tebu

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Untuk melaksanakan penelitian ini dan menyelesaikan masalah pada penelitian perlu adanya teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan untuk menjadi landasan dan dapat menunjukkan hubungan yang kuat dalam penelitian ini.

3.2 Paving Block

Paving block (bata beton) adalah material bangunan yang terbuat dari campuran agregat, semen, dan air, tanpa atau dengan bahan tambah lain yang tidak mengurangi mutu bata beton itu (SNI 03-0691-1996).

Nurzal & Zakir (2014) menyatakan *paving block* merupakan material bangunan yang menjadi salah satu alternatif pengerasan permukaan penutup atau tanah. Dari sekian material alternatif untuk menutupi muka tanah, *paving block* lebih banyak mempunyai keberagaman yang lebih banyak baik dari segi bentuk, ukuran, warna, motif dan tekstur muka serta kekuatan. Pemakaian *paving block* sangat beraneka ragam diantaranya yaitu:

1. Jalan lingkungan perumahan;
2. area parkir gedung, ruko, sekolahan, rumah sakit, masjid, dll;
3. trotoar;
4. halaman rumah;
5. *carport*, dll.

3.2.1 Klasifikasi dan Syarat Mutu Paving Block

Menurut SNI 03-0691-1996 mutu *paving block* diklasifikasikan menjadi empat macam, antara lain:

1. *Paving block* mutu A, memiliki tekan minimal 35 Mpa dan rerata 40 Mpa (setara dengan K430 hingga K490) dan penyerapan air maksimal 3%.

Digunakan untuk jalan, perkerasan lahan terminal peti kemas dipelabuhan, kebutuhan nonstruktural dan struktural dengan berat beban yang lainnya.

2. *Paving block* mutu B, memiliki tekan minimal 17,5 Mpa dan rerata 20 Mpa (setara dengan K208 hingga K245) dan penyerapan air maksimal 6%. Digunakan untuk pelataran parkir.
3. *Paving block* mutu C, memiliki tekan minimal 12,5 Mpa dan rerata 15 Mpa (setara dengan K153 hingga K184) dan penyerapan air maksimal 8%. Digunakan untuk pejalan kaki.
4. *Paving block* mutu D, memiliki tekan minimal 8,5 Mpa dan rerata 10 Mpa (setara dengan K104 hingga K122) dan penyerapan air maksimal 10%. Digunakan untuk perkerasan nonstruktural seperti trotoar, lingkungan dan taman, halaman rumah, dan perkerasan lain dengan daya beban yang rendah.

Syarat mutu *paving block* untuk masing-masing mutu dilihat dari:

1. Wujud

Memiliki permukaan yang rata, tidak ditemukan retak dan cacat, tidak mudah rapuh pada bagian sudut dan rusuk dengan kekuatan jari tangan.

2. Ukuran

Ukuran tebal minimal 6 cm dengan toleransi + 8%.

3. Sifat fisik

Paving block harus mempunyai sifat-sifat fisik yang harus dimiliki seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Sifat Fisik *Paving Block*

Kuat tekan (Mpa)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)	Mutu
Rata-rata	Minimal		
40	35	3	A
20	17,0	6	B
15	12,5	8	C
10	8,5	10	D

Sumber: SNI 03-0691-1996

4. Ketahanan terhadap natrium sulfat

Paving block apabila diuji ketahanan terhadap natrium sulfat tidak boleh karat, dan kehilangan berat yang diperkenankan niaksirnum 1%.

Paving block yang dijual di pasaran memiliki bermacam-macam bentuk dan ukuran sesuai dengan kebutuhan. Salah satunya adalah *paving block* tipe *holland* atau bata yang sering digunakan dalam pengerasan jalan perumahan, sekolah, dan lain-lain. Selain dari tipe *holland* masih ada lagi bentuk dan ukuran *paving block* untuk yang beragam untuk menambah nilai keindahan.



Gambar 3.1 Bentuk-bentuk *Paving Block*

(Sumber: sanpaving.wordpress.com)

Dimensi *paving block* tipe *holland* memiliki ukuran:

1. Panjang 20 cm dan toleransi 2 mm.
2. Lebar 10 cm dan toleransi 2 mm.
3. Tebal antara 6, 8, dan 10 cm dan toleransi 3 mm, dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. *Paving block* 6 cm, digunakan untuk lalu lintas ringan dan terbatas pada pejalan kaki.
 - b. *Paving block* 8 cm, difungsikan untuk beban lalu lintas sedang dan terbatas pada transportasi *pick up*, truk, hingga bus.
 - c. *Paving block* 10 cm, biasa digunakan untuk beban lalu lintas berat, banyak digunakan untuk daerah industri dan pelabuhan karena banyaknya penggunaan *crane* atau alat berat lain.

3.2.2 Keunggulan *Paving Block*

Sebayang dkk. (2011) menyebutkan beberapa keunggulan *paving block* sebagai bahan perkerasan, antara lain:

1. Pelaksanaan yang tidak sulit sehingga membuka peluang kepada masyarakat.
2. Pemeliharaan yang mudah.
3. Perbaikan *paving block* tidak membutuhkan bahan tambah yang banyak walaupun telah dilakukan pembongkaran namun dipakai kembali.
4. Tahan menghadapi beban diam, bergerak, dan kejut yang tinggi.
5. Memiliki ketahanan yang baik.

3.2.3 Kelemahan *Paving Block*

Nurzal & Zakir (2014) menyebutkan kelemahan dari *paving block* yaitu bila dilalui kendaraan berkecepatan tinggi menjadi mudah bergelombang apabila pondasinya tidak kuat, sehingga bermanfaat untuk mengendalikan kecepatan kendaraan di lingkungan perumahan atau di perkotaan yang padat.

3.3 Bahan Penyusun *Paving Block*

Seperti pada beton bahan penyusun *paving block* terdiri dari semen, pasir, dan air yang memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun material bangunan (Adibroto, 2014)

3.3.1 Semen Komposit *Portland (Portland Composite Cement)*

Semen *portland* adalah semen yang memiliki kandungan kalsium silikat dari penggilingan terak semen *portland* yang bersifat menyerap air bersama-sama dengan bahan tambah berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Jenis dan penggunaannya terbagi antara lain:

1. Jenis I, untuk penggunaan umum tanpa syarat-syarat khusus.
2. Jenis II, untuk penggunaan yang tahan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tinggi di awal setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, untuk penggunaan yang memerlukan kalor hidrasi rendah.

5. Jenis V, untuk penggunaan yang tahan terhadap sulfat yang tinggi.

Persyaratan kimia semen *portland* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Syarat Kimia Utama Semen *Portland*

No	Uraian	Jenis semen <i>portland</i>				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , min	-	20%	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , maks	-	6%	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , maks	-	6%		6,5%	
4	MgO, maks	6%	6%	6%	6%	6%
5	Lain-lainnya	11,5%	15,5%	24,5%	88,3%	36,8%

Sumber: SNI 15-2049-2004

Sedangkan semen komposit *portland* adalah semen *portland* namun memiliki pencampuran bubuk bahan anorganik lain seperti batu kapur, senyawa silikat, *pozzolan*, terak tanur tinggi dengan kadar total bahan anorganik 6% sampai 35% dari massa semen komposit *portland*. Syarat kimia untuk semen komposit *portland* yaitu SO₃ 4% (SNI 7064-2014). Semen komposit *portland* (PCC) merupakan semen produk terbaru yang dikeluarkan oleh PT.ITP Tbk. Semen PCC merupakan turunan oleh semen *portland* pada umumnya yang memiliki bahan baku pembuatan yang sama namun ada penambahan zat Aditif lain seperti *lime stone*, *fly ash* dan *trass* yang berkontribusi sangat penting sehingga semen komposit *portland* mempunyai kualitas yang dihasilkan lebih baik dari semen *portland* pada umumnya.

3.3.2 Pasir

Menurut Mulyono (2003) dalam Dumyati & Manalu (2015) pasir ialah agregat yang lolos Saringan No. 4 (4,8 mm). Dalam SK SNI S-04-1989-F dikatakan pasir apabila:

1. Butir-butir pada pasir keras tidak berpori.
2. Bila terpengaruh cuaca pasir tidak pecah atau hancur.
3. Kandungan lumpur kurang dari 5%, dapat diketahui melalui pengujian kandungan lumpur pada pasir dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan

A : Berat kering sebelum dicuci (gram)

B : Berat kering setelah dicuci (gram)

4. Tidak terdapat kandungan zat-zat yang mudah bereaksi dengan alkali.
5. Bagian yang pipih dan panjang pada butiran agregat hanya diijinkan kurang dari 20%.
6. Variasi butir sesuai standar gradasi dengan angka modulus halus butir di antara 1,5 – 3,8, dapat diketahui melalui pengujian analisa saringan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{\text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \quad (3.2)$$

Berdasarkan berat jenisnya, pasir yang termasuk agregat normal berada pada angka 2,5 – 2,8 (Tjokrodinuljo, 1996). Untuk angka penyerapan air pada pasir berada di antara 3 – 10%. Angka tersebut dapat diketahui melalui pengujian agregat halus diantaranya yaitu:

1. Berat jenis curah, adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Dapat ditulis dengan rumus 3.3.
2. Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD), adalah perbandingan antara berat agregat jenuh kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu 25°C. Dapat ditulis dengan rumus 3.4.
3. Berat jenis semu, adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C. Dapat ditulis dengan rumus 3.5.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (3.4)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (3.5)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (3.6)$$

Keterangan

Bk : berat benda uji kering oven (gram)

B : berat piknometer berisi air (gram)

Bt : berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 : berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

Karakteristik pada pasir harus sangat diperhatikan karena dalam pembuatan struktur *paving block* volume beton diisi sebagian besar oleh pasir.

3.3.3 Air

Air yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *paving block* adalah air yang bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung bahan organik, oli, asam, garam atau bahan-bahan lain yang serupa (SNI 03-2847-2002). Air berfungsi untuk memberi hidrasi pada semen agar semen mampu bekerja sebagai pengikat material penyusun dalam *paving block* dan juga mudah memadatkan campuran.

Dalam pembuatan beton air merupakan bahan yang sangat dibutuhkan dalam proses hidrasi semen agar semen dapat menjadi pasta. Dalam proses hidrasi air yang digunakan kurang lebih 20% dari berat normal semen (Nugraha, 2007).

Kekuatan dari *paving block* ditentukan oleh perbandingan berat antara air dan semen yang juga dikenal dengan faktor air semen (fas). Mulyono (2003)

dalam Nugroho (2014) menyebutkan nilai fas yang tinggi akan menyebabkan menurunnya mutu kekuatan beton, tapi tak berarti nilai fas yang rendah akan menghasilkan mutu kekuatan beton yang tinggi. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 0,30 kali berat semen, namun kenyataannya jika dipakai nilai FAS kurang dari 0,35 campuran akan menjadi sulit dikerjakan sehingga umumnya berat air lebih dari 0,35 berat semen.

$$\text{FAS} = \frac{\text{Berat Air}}{\text{Berat Semen}} \quad (3.7)$$

3.2.4 Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu diperoleh dari hasil pembakaran ampas tebu. Fauzi dkk. (2013) melakukan pengujian mengenai komposisi yang terkandung dalam abu ampas tebu untuk menghindari pemanfaatan abu ampas tebu yang kurang tepat. Komposisi abu ampas tebu setelah dibakar adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Abu Ampas Tebu Setelah Pembakaran

Senyawa Kimia	Persentase (%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	2,5
Fe ₂ O ₃	8,2
CaO	3,6
Lain-lainnya	14,7

Sumber: Fauzi dkk. (2013)

Dalam Ukroi dkk. (2013) menyebutkan *silika oksida* (SiO₂) yang ada pada abu ampas tebu merupakan padatan dengan susunan partikel yang tak teratur namun memiliki keteraturan pada beberapa sehingga abu ampas tebu dapat dikatakan sebagai yang bersifat *pozzolan*.

Perbandingan unsur kimia yang terkandung di dalam abu ampas tebu dengan *pozzolan* lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.4 Perbandingan Unsur-unsur Kimia dalam Abu Ampas Tebu dengan *Pozzolan* Lainnya

No	Unsur Kimia	Semen	Abu sekam padi	<i>Blast furnace slag</i>	<i>Trass</i>	<i>Silica fume</i>	Abu ampas tebu
1	SiO ₂	20	86,55	35,85	25,72	75,54	86,2
2	Al ₂ O ₃	6	0,41	20,04	20,04	1	2,26
3	Fe ₂ O ₃	3	0,28	1,46	1,46	2	1,52
4	CaO	63	0,46	3,43	3,43	1,5	5,12
5	Lainnya	3	12,14	0,7	0,7	0,7	4,80

Sumber: Ukroi dkk. (2013)

Dalam Rompas dkk. (2013) menyebutkan *silika* yang dikandung pada abu ampas tebu akan bereaksi dengan kapur yang dihasilkan dari pengerasan beton akibat reaksi hidrasi antara semen dan air sehingga menghasilkan senyawa yang fungsinya meyerupai semen sebagai bahan perekat. Jadi dengan penambahan abu ampas tebu pada beton dapat meningkatkan kuat rekat pada dalam bahan penyusun *paving block*. Reaksi antara *silika* dengan kapur yang merupakan hasil dari reaksi antara semen dan air dapat dilihat dalam persamaan reaksi dibawah ini.



3.4 Kuat Tekan *Paving Block*

Pengujian kuat tekan merupakan salah satu pengujian untuk menentukan apakah *paving block* memiliki mutu yang baik dari segi kekuatan atau daya tahan. Kuat tekan yang dimaksud adalah kemampuan beton dalam menerima gaya tekan persatuan luas. Mulyono (2004) menjelaskan semakin tinggi kekuatann struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula kekuatan beton. Kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f^c = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

Keterangan:

f^c : Kuat tekan (MPa / kg/cm²)

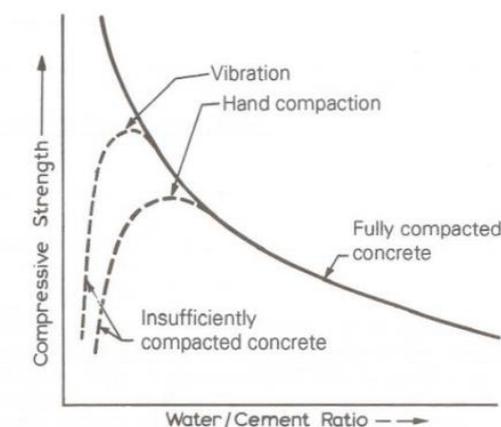
P : Beban maksimum (kg)

A : Luas penampang (cm^2)

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi kuat tekan pada *paving block* dapat dilihat dari tiga hal antara lain:

1. Faktor Air Semen

Peningkatan faktor air semen akan mendapatkan hasil kuat tekan beton lebih rendah. Dari penelitian yang telah dilakukan di laboratorium menunjukkan peningkatan faktor air semen dari 0,35 menuju 0,65 akan menurunkan kuat tekan beton menjadi 50% dengan campuran yang sama. Untuk itu faktor air semen yang tepat dalam pembuatan beton dengan kuat tekan yang baik adalah 0,35.



Gambar 3.2 Perbandingan Faktor Air Semen dengan Kuat Tekan
(Sumber: steemit.com)

2. Jenis Semen

Pada umur 90 hari semua jenis semen akan mencapai kekuatan 100% pada kondisi temperatur dan kelembaban yang sama. Namun pada umur 28 hari, masing-masing jenis semen akan mencapai kekuatan yang berbeda-beda.

Tabel 3.5 Jenis Semen Untuk Kuat Tekan

Jenis semen	Kuat Tekan
I	Semen normal atau untuk tujuan umum
II	Panas hidrasi moderat dan tahan sulfat moderat
III, IV, V	Kekuatan awal tinggi

3. Umur Beton

Untuk mencapai kuat tekan standar maksimum beton harus berada pada umur 28 hari dengan kondisi basah atau lembab dan pada temperatur tertentu setelah pembuatan. Beton yang sudah dalam keadaan kering pada saat berumur 28 hari akan menghambat peningkatan kuat tekan. Untuk itu perawatan beton dari awal harus dalam keadaan basah agar kuat tekan beton tidak kurang dari 50% dari kekuatan rencana.

3.5 Penyerapan Air *Paving Block*

Pengujian penyerapan air merupakan salah satu pengujian pada *paving block* untuk melihat kemampuan air yang diserap oleh *paving block*. Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Pori dalam butiran agregat mempunyai ukuran dengan variasi yang cukup besar. Pori-pori tersebut terdapat di seluruh butiran, beberapa merupakan pori-pori yang tertutup dalam material, beberapa yang lain terbuka terhadap permukaan butiran. Beberapa jenis agregat yang sering dipakai mempunyai volume pori tertutup sekitar 0% sampai 20% volume butirnya.

Penyerapan air *paving block* adalah berat air dalam persen yang meresap ke dalam melalui pori-pori pada *paving block* dari perbandingan berat kering dan berat basah (setelah perendaman didalam air) *paving block*. Berat kering *paving block* diperoleh dari pengeringan benda uji melalui oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 24 jam.

Penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan rumus berdasarkan SNI 03-0691-1996 seperti berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad (3.11)$$

Keterangan :

A : berat basah *paving block*

B : berat kering *paving block*

3.6 Perbandingan Campuran

Menurut Shackel (1990) dalam Setiawan (2017) berdasarkan penelitiannya yang digunakan sebagai standar di Amerika, *paving block* dengan ketebalan 6 cm menggunakan perbandingan semen dan pasir 1 : 6 sedangkan untuk ketebalan 8 cm menggunakan perbandingan semen dan pasir 1 : 5,5, dengan nilai fas sebesar 0,35. Nilai tersebut lebih kecil dari yang digunakan dalam pencampuran pembuatan beton. Dalam pembuatan *paving block*, mortar dalam keadaan tidak terlalu basah atau mempunyai *slump* mendekati nol. Hal ini dimaksudkan agar pada saat pencetakannya, *paving block* tidak mudah berubah bentuk setelah lepas dari cetakannya.

3.7 Harga Pokok Produksi

Harga pokok produksi akan ditemukan dalam laporan laba rugi suatu perusahaan. Dalam akuntansi, harga pokok produksi dipahami sebagai seluruh biaya produksi yang digunakan untuk memperoleh dan mengolah bahan baku hingga bahan baku tersebut menjadi barang jadi yang siap diperjual belikan.

Menentukan harga jual produk, serta produk jadi dan produk dalam proses tersaji dalam neraca merupakan manfaat informasi harga pokok, untuk itu menentukan harga pokok produksi adalah hal penting. Untuk dapat menentukan harga pokok produksi, hal-hal dibutuhkan oleh perusahaan dan harus ditentukan secara cermat dalam pencatatan dan penggolongannya agar informasi harga pokok produksi yang didapat bisa diandalkan baik dalam menentukan harga jual produk maupun dalam perhitungan untung dan rugi periodik menurut Mulyadi (2013) adalah informasi mengenai:

1. Biaya Bahan Baku

Biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh bahan baku yang dipergunakan dalam proses untuk memproduksi suatu produk sebagai obyek biayanya, seperti biaya papan dasar, dan biaya material yang digunakan.

2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya yang dibayarkan kepada tenaga kerja yang terlibat langsung dalam proses produksi atau secara langsung dapat diidentifikasi kepada suatu produk

sebagai obyek biayanya. Sebagai contoh, upah yang dibayarkan kepada pekerja pabrik *paving block*.

3. Biaya *Overhead* Pabrik

Biaya *overhead* pabrik disebut juga biaya produk tidak langsung, yaitu biaya yang tidak ada kaitan langsung dengan produk yang dihasilkan dan tidak diidentifikasi atau ditelusuri melalui produk tersebut dengan cara yang ekonomis. seperti biaya konsumsi, biaya THR, biaya pengiriman dan margin keuntungan.

Adikoesoemah (1982) menjabarkan pentingnya harga pokok produksi sebagai berikut:

1. Sebagai Penetapan Harga Jual

Dari hasil harga pokok dapat ditentukan nilai harga jual produk yang dihasilkan. Perhitungan harga pokok harus di hitung dengan benar agar memperoleh keuntungan/laba dan mencegah kerugian.

2. Sebagai penetapan biaya yang diserap

Dengan harga pokok kita akan menentukan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi suatu produk.

3. Sebagai Dasar Penilaian Efisiensi Kerja dan Efektifitas Biaya

Dengan menentukan harga pokok standar kemudian membandingkannya dengan harga pokok di lapangan maka harga pokok dapat berperan sebagai harga dasar dalam penentuan biaya tidak langsung, kontrol pemakaian bahan, dan upah kerja. Selisih negatif pada harga pokok menunjukkan pelaksanaan produksi belum efisien maka perlu dicari tahu penyebab terjadinya selisih tersebut agar dapat melakukan perbaikan pada kesalahan tersebut. Selisih positif pada harga pokok menunjukkan adanya perhitungan harga pokok standar yang kurang tepat atau pelaksanaan produksi secara efisien, maka selisih tersebut perlu ditelusuri lebih lanjut.

4. Sebagai Dasar Dalam Pengambilan Keputusan Manajemen

Harga pokok dapat menjadi pedoman penting dalam pengambilan keputusan khusus perusahaan, misalnya:

- a. Merencanakan ekspansi perusahaan.

- b. Menetapkan strategi persaingan di pasaran luas.
- c. Menetapkan penyesuaian proses produksi.
- d. Menetapkan perubahan harga penjualan.
- e. Pengambilan keputusan-keputusan khusus manajemen, seperti apakah akan membeli atau membuat sendiri suatu suku cadang, apakah menerima suatu pesanan khusus dengan harga khusus atau tidak.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian merupakan kegiatan yang sistematis dalam penelitian ini mulai dari pengenalan benda uji, bahan dan alat yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian benda uji, lokasi penelitian, dan prosedur penelitian yang terdiri dari persiapan bahan, pengujian bahan, pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengujian benda uji. Prosedur standar pelaksanaan dan pengujian pada penelitian ini menggunakan Buku Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, FTSP UII.

4.2 Benda Uji

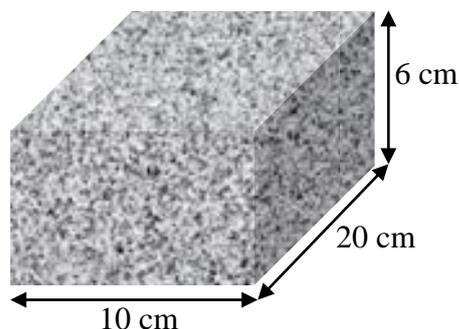
Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah dua macam *paving block*

1. *Paving Block* Konvensional

Paving block konvensional yang digunakan dalam penelitian ini adalah *paving block* bermutu SNI tipe *holland* berukuran 20 x 10 x 6 cm dengan tingkat kekerasan K200 (kuat tekan 200 kg/cm²) yang diperoleh dari Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi.

2. *Paving Block* Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

Paving block campuran bahan tambah abu ampas tebu adalah *paving block* dengan bahan dasar pasir, semen, dan air dengan bahan tambah abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan berukuran 20 x 10 x 6 cm.



Gambar 4.1 Dimensi Benda Uji (*Paving Block Tipe Holland*)

Total benda uji sebanyak 36 buah yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan penyerapan air pada *paving block* dengan 0% abu ampas tebu (0% Aat), *paving block* dengan 2,5% abu ampas tebu (2,5% Aat), *paving block* dengan 5% abu ampas tebu (5% Aat), *paving block* dengan 7,5% abu ampas tebu (7,5% Aat), *paving block* dengan 10% abu ampas tebu (10% Aat), dan juga *paving block* SNI sebagai *paving block* konvensional dan pembanding *paving block* dengan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan masing-masing 3 buah untuk setiap pengujian.

Tabel 4.1 Jumlah Benda Uji

Benda Uji	Jumlah Benda Uji Yang Digunakan		Jumlah
	Kuat Tekan	Penyerapan Air	
SNI	3	3	6
0% Aat	3	3	6
2,5% Aat	3	3	6
5% Aat	3	3	6
7,5% Aat	3	3	6
10% Aat	3	3	6
Total			36

Keterangan:

SNI = Standar Nasional Indonesia

Aat = Abu ampas tebu

4.3 Bahan dan Peralatan Penelitian

4.3.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan pengikat berupa semen komposit *portland* dengan merk Tiga Roda dalam kemasan 40 kg/sak.
2. Agregat Halus berupa pasir berasal dari Merapi yang lolos Saringan No. 4.
3. Air yang digunakan pada pembuatan benda uji ini diambil dari instalasi air yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Program Studi Teknik Sipil FTSP UII.
4. Bahan tambah yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu ampas tebu yang lolos Saringan No. 200.

Bahan-bahan diatas kemudian ditakar sesuai kebutuhan untuk pembuatan benda uji.

4.3.2 Peralatan Penelitian

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Timbangan

Penelitian ini menggunakan timbangan kapasitas 20000 gram merk OHAUS dengan ketelitian yang berbeda-beda disetiap pengujian pasir antara lain dengan ketelitian 0,1 gram untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air, dengan ketelitian 0,2% dari berat contoh untuk pengujian analisa saringan, dan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh untuk pengujian berat volume padat/gembur. Sedangkan untuk menimbang bahan dasar *paving block* dengan ketelitian 1 gram.

2. Saringan

Dalam penelitian ini saringan yang digunakan untuk pengujian pasir antara lain Saringan No. 4 untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air dan satu set saringan dari Saringan 3/8” sampai Saringan No. 100 untuk pengujian analisa saringan. Sedangkan saringan yang digunakan untuk pembuatan

bahan penyusun benda uji antara lain Saringan No. 4 untuk menyaring pasir dan Saringan No. 200 untuk menyaring abu ampas tebu.

3. Mesin Pengguncang/Penggetar Saringan

Mesin saringan digunakan untuk mengguncang pasir pada pengujian analisa saringan.

4. *Oven*

Penelitian ini menggunakan *oven* merk BINDER dengan kapasitas panas sampai 250°C, digunakan untuk pengujian pasir dan mengeringkan benda uji dalam pengujian penyerapan air.

5. *Piknometer*

Gelas ukur/*piknometer* yang digunakan adalah gelas ukur dengan kapasitas 500 ml untuk pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir.

6. Silinder

Silinder/tabung yang digunakan adalah silinder dengan kapasitas 5 liter untuk pengujian berat volume padat/gembur pasir.

7. Cetakan *Paving Block Tipe Holland*

Cetakan yang digunakan adalah cetakan yang dapat di pasang di mesin press *paving block* dan mampu memproduksi 12 *paving block tipe holland* berukuran 20 x 10 x 6 cm dalam sekali pencetakan.

8. Mesin Press *Paving Block*

Mesin yang digunakan untuk mencetak *paving block* adalah mesin press dengan system hidrolik yang dilengkapi penggetar. Sistem hidrolik berfungsi untuk memberikan tekanan (pemadatan) pada saat pencetakan, sedangkan penggetar berfungsi untuk menggetarkan butir-butir pada campuran bahan yang sudah dimasukkan pada cetakan sehingga bergerak mengisi celah-celah yang masih kosong agar bahan-bahan yang ada pada cetakan dalam keadaan rata dan padat sebelum dilakukan proses penekanan.

9. Bak Adukan

Alat yang digunakan untuk mencampur bahan dalam pembuatan *paving block* untuk penelitian ini adalah bak adukan, dikarenakan total benda uji yang dibuat tidak dalam jumlah yang sangat besar dan dilakukan secara manual.

10. Mesin Uji Kuat Tekan

Mesin uji yang kuat tekan menggunakan alat uji kuat merk Ele tipe AD R3000 dengan kapasitas tekan 2000 kN. Alat ini bekerja dengan menggunakan system hidrolis.

11. Jangka Sorong/Kaliper

Digunakan untuk mengukur dimensi benda uji untuk menghasilkan pembacaan yang lebih teliti.

12. Peralatan pendukung

Peralatan pendukung yang lain, seperti baskom, talam, karung, sendok semen, cetok, plastik, pembakar, sikat, kuas, penggaris, perekat, selang dan bak perendaman.

4.4 Lokasi Penelitian

Pembuatan benda uji dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. Sedangkan pengujian terhadap pasir, kuat tekan, dan penyerapan air dilaksanakan di Laboratorium TBK Teknik Sipil FTSP UII, Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta.

4.5 Prosedur Penelitian

4.5.1 Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang menjadi penyusun *paving block* dipersiapkan diantaranya yaitu pasir sebagai agregat halus yang telah lolos Saringan No. 4 (4,75 mm), semen sebagai bahan pengikat, air, dan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian semen yang telah lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).

4.5.2 Pemeriksaan Bahan

Bahan-bahan yang telah dipersiapkan sebelumnya akan dilakukan pemeriksaan atau pengujian bahan untuk memeriksa apakah bahan yang akan digunakan memenuhi persyaratan sesuai standar sebagai bahan konstruksi. Apabila ada bahan yang tidak memenuhi persyaratan maka akan dilakukan penggantian bahan.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan penyerapan air dalam pasir.

a. Cara Pengujian

- 1) Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, dinginkan pada suhu ruang hingga mencapai keadaan jenuh kering permukaan (SSD).
- 2) Timbang berat *piknometer*.
- 3) Pasir dalam keadaan SSD dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 500 gram lalu masukkan air dalam *piknometer* sampai pada garis batas pada piknometer, putar dan guncang *piknometer* sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya lalu tambahkan air kedalam piknometer sampai penuh, kemudian timbang (Bt).
- 4) Pasir dikeluarkan dari *piknometer* dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 115°C sampai beratnya tetap lalu dinginkan. Kemudian pasir ditimbang (Bk).
- 5) *Piknometer* dibersihkan, kemudian isi *piknometer* dengan air sampai pada garis batas lalu ditimbang (B).

b. Perhitungan

Rumus yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (4.1)$$

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (4.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (4.3)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (4.4)$$

Keterangan:

Bk = Berat pasir kering oven (gram)

- B = Berat piknometer berisi air (gram)
 Bt = Berat piknometer berisi pasir dan air (gram)
 500 = Berat pasir dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) pasir dengan saringan.

a. Cara Pengujian

- 1) Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 115^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, dinginkan pada suhu ruang hingga mencapai keadaan kering oven.
- 2) Timbang pasir.
- 3) Saringan disusun dari ukuran lubang terbesar sampai yang terkecil yaitu 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.
- 4) Pasir dimasukkan dalam saringan paling atas lalu tutup saringan. Jepit susunan saringan tersebut di mesin pengguncang/penggetar saringan lalu nyalakan mesin selama 10 menit, diamkan 5 menit agar pasir tersebut mengendap.
- 5) Pasir dikeluarkan dari masing-masing saringan dan letakkan masing-masing dalam talam (jangan sampai ada yang tercecer), lalu timbang dan catat berat pasir (berat tertinggal).

b. Perhitungan

Persentase berat tertinggal dihitung dengan membagi berat tertinggal dengan berat total. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan membagi berat tertinggal kumulatif dengan seratus, dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Berat Tertinggal Kumulatif}}{100} \quad (4.5)$$

Gradasi pasir didapatkan berdasarkan angka persen lolos kumulatif di masing-masing saringan.

3. Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

Pengujian ini untuk menentukan berat isi pasir dalam keadaan padat dan gembur.

a. Cara Pengujian

- 1) Pasir yang digunakan adalah pasir keadaan jenuh kering permukaan (SSD)
- 2) Timbang silinder (W1), letakkan silinder di tempat yang datar, hitung volume silinder (V).
- 3) Untuk pengujian berat volume gembur, pasir dimasukkan dalam silinder sampai penuh tanpa pemadatan lalu diratakan.
- 4) Untuk pengujian berat volume padat, masukkan pasir per 1/3 bagian, dan tiap bagian pasir ditumbuk 25 kali merata, lalu diratakan, dikerjakan sampai volume penuh.
- 5) Timbang berat silinder berisi pasir pada masing-masing pengujian dan dicatat beratnya (W2).

b. Perhitungan

Nilai berat satuan volume dari hasil pengujian dihitung dengan berat agregat dibagi volume silinder, ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat Volume} = \frac{W2 - W1}{V} = \frac{W3}{V} \quad (4.6)$$

Keterangan:

W3 = Berat pasir

V = Volume silinder

4. Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan persentase kandungan lumpur dalam pasir sebagai syarat bahan konstruksi bangunan.

a. Cara Pengujian

- 1) Pasir yang digunakan adalah pasir keadaan kering oven, lalu ditimbang (W1)

- 2) Pasir diletakkan dalam Saringan No. 200 alirkan air di atasnya.
- 3) Pasir diratakan dengan air hingga bagian halus menembus saringan dan yang kasar tertinggal di saringan.
- 4) Pekerjaan tersebut diulangi sampai air pencucian menjadi jernih
- 5) Pasir kemudian dikeringkan pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga berat tetap, lalu ditimbang (W_2).

b. Perhitungan

Rumus yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Berat yang Lolos Saringan No. 200} = \left\{ \frac{W_1 - W_2}{W_1} \right\} \times 100\% \quad (4.7)$$

Keterangan:

W_1 = Berat pasir kering oven (gram)

W_2 = Berat pasir kering oven setelah dicuci (gram)

5. Pemeriksaan Semen

Semen diperiksa secara tampak. Semen dalam penelitian ini layak digunakan karena kemasan semen dalam keadaan tertutup rapat, dan setelah dibuka warna dan kehalusan butirnya selayaknya semen pada umumnya.

6. Pemeriksaan Air

Air diperiksa secara tampak. Air dalam penelitian ini layak digunakan karena air bersih dan tidak mengandung lumpur, minyak, dan garam sesuai dengan persyaratan air untuk minum.

7. Proses Pembuatan Abu Ampas Tebu

Dalam penelitian ini abu ampas tebu dihasilkan dengan cara memperoleh sekian banyak abu ampas tebu dari pedagang minuman es tebu, dijemur hingga benar-benar kering agar mudah terbakar, kemudian ampas tebu dibakar hingga menghasilkan abu. Ampas tebu yang telah dibakar memiliki kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai *pozzolan* untuk dapat menggantikan semen (Wibowo & Hatmoko, 2001 dalam Hatmoko, 2007). Abu ampas tebu tersebut kemudian disaring menggunakan

Saringan No. 200 hingga menghasilkan butiran yang sangat halus menyerupai butiran semen.

4.5.3 Pembuatan Campuran Bahan

Komposisi campuran menggunakan perbandingan berat, sehingga kebutuhan bahan ditentukan dengan berat sesuai kebutuhan masing-masing variasi komposisi campuran. Bahan-bahan penyusun benda uji dicampur dengan ketentuan perbandingan campuran semen dan pasir 1 : 6, nilai faktor air semen 0,35 dari berat semen, dan abu ampas tebu dengan variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% menggantikan berat normal semen. Bahan-bahan tersebut akan ditimbang sesuai dengan kebutuhan dari masing-masing komposisi campuran. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi Perbandingan Campuran pada Benda Uji

Benda Uji	Bahan Penyusun Benda Uji	
	Semen : Pasir : Aat	Air
0% Aat	1 : 6 : 0	0,35
2,5% Aat	0,975 : 6 : 0,025	0,35
5% Aat	0,95 : 6 : 0,05	0,35
7,5% Aat	0,925 : 6 : 0,075	0,35
10% Aat	0,9 : 6 : 0,1	0,35

Keterangan:

Aat : Abu ampas tebu

Setelah masing-masing bahan ditimbang, bahan kemudian diaduk dalam keadaan kering hingga homogen dalam bak adukan, agar pencampuran bahan-bahan tersebut tercampur merata. Tuangkan air ke dalam bak adukan dengan merata, kemudian aduk hingga didapatkan adukan yang merata selama 10-15 menit.

4.5.4 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi. Benda uji dibuat melalui langkah-langkah berikut:

1. Mempersiapkan bahan-bahan penyusun benda uji yang sudah diperiksa kelayakannya dan sudah ditakar kebutuhannya untuk masing-masing variasi yang terdiri dari semen, pasir, dan abu ampas tebu.
2. Tuangkan bahan-bahan ke dalam bak adukan kemudian aduk perlahan menggunakan cetok sambil menuangkan air ke dalam bak adukan dengan ketentuan $f_{as} = 0,35$, aduk hingga semua bahan tercampur dengan rata.
3. Mempersiapkan mesin press *paving block* dalam keadaan terbuka dengan cetakan *paving block* di atas meja mesin.
4. Masukkan seluruh campuran bahan ke dalam cetakan *paving block* pada 6 cetakan secara merata.
5. Nyalakan sistem getar pada mesin sekitar ± 10 detik agar campuran mulai memenuhi cetakan dibawahnya.
6. Tekan tuas pada mesin press untuk memulai pemadatan beriringan dengan sistem getar yang menyala untuk menghasilkan *paving block*.

4.5.5 Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dicetak kemudian didiamkan selama satu hari. Setelah berumur satu hari atau benda uji cukup keras dilakukan perendaman dengan durasi 3 jam periode 2 kali sehari selama 2 hari, setelah direndam benda uji disiram dengan ditutupi bagian permukaan *paving block* menggunakan penutup agar terjaga kelembabannya sampai *paving block* umur 21 hari, dengan begitu proses pengeringan dan pengerasan pada *paving block* berjalan dengan sempurna (untuk mencegah terjadinya retak-retak/pecah pada *paving block*).

4.5.6 Pengujian Benda Uji

Pengujian *paving block* dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas *paving block* yang dihasilkan sehingga dapat disimpulkan penggolongan mutu *paving block*. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 21 hari.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari pengujian kuat tekan dan pengujian daya serap air.

1. Pengujian Kuat Tekan

Cara pengujian kuat tekan *paving block* adalah sebagai berikut:

- a. Masing–masing paving block diukur panjang, lebar, dan tinggi menggunakan jangka sorong.
- b. Benda uji diletakkan pada mesin tekan secara simetris.
- c. Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
- d. Melakukan pembebanan hingga benda uji hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.

2. Pengujian Penyerapan Air

Cara pengujian penyerapan air adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji direndam kedalam air hingga jenuh selama 24 jam, kemudian ditimbang beratnya dalam keadaan basah menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.
- b. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu 115°C selama 24 jam sampai berat pada dua kali penimbangan selisihnya tidak lebih dari 0,2%.
- c. Benda uji dalam keadaan kering oven lalu ditimbang.

4.6 Harga Pokok Produksi *Paving Block* dengan Penambahan Abu Ampas Tebu

4.6.1 Penentuan Harga Pokok Produksi

Menentukan harga pokok produksi adalah bagaimana memperhitungkan biaya kepada suatu produk, yang dapat dilakukan dengan cara memasukan seluruh biaya produksi atau hanya memasukan unsur biaya produksi variabel saja.

4.6.2 Data yang diperlukan dalam penelitian

Data yang diperlukan untuk menentukan harga pokok produksi adalah sebagai berikut:

1. Data harga *paving block* di pasaran
2. Produktivitas tukang

3. Data biaya produksi, meliputi:
 - a. Menghitung Biaya Alat,
 - b. Menghitung Biaya Bangunan,
 - c. Menghitung Biaya Perawatan Alat,
 - d. Menghitung Biaya Upah,
 - e. Menghitung Biaya Material,
 - f. Menghitung Biaya Konsumsi,
 - g. Menghitung Biaya THR,
 - h. Menghitung Pengeluaran Per Hari.

4.6.3 Analisis Kelayakan Usaha *Paving Block* dengan Abu Ampas Tebu

Analisis kelayakan usaha dilakukan dengan beberapa metode pengumpulan data, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka

Mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian tentang pembuatan *paving block*.

2. Wawancara

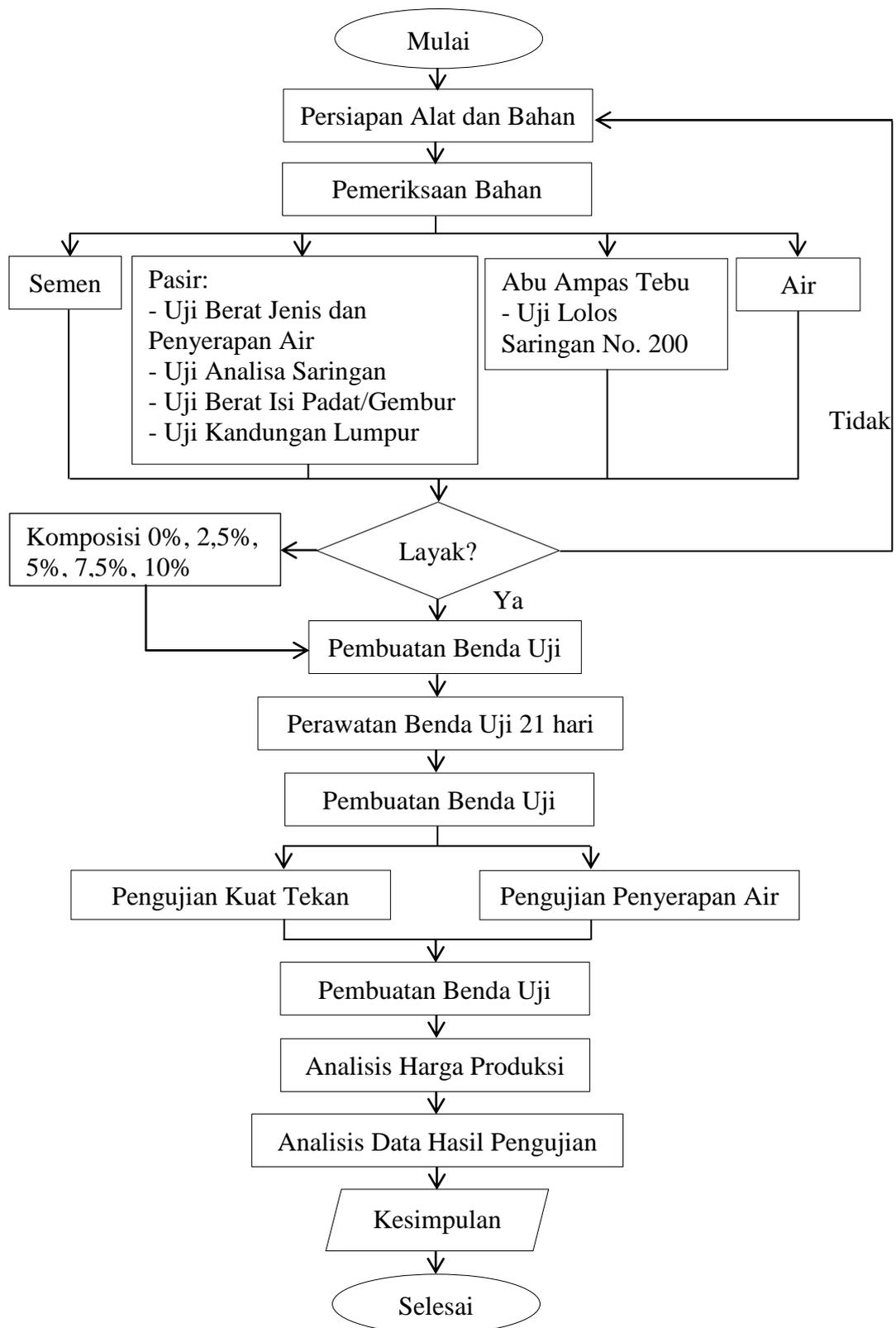
Dalam penelitian ini penulis mewawancarai pengusaha *paving block* sebagai data untuk menghitung harga pokok produksi.

3. Survei

Untuk membandingkan harga *paving block* yang ada di pasaran dengan *paving block* dengan bahan tambah abu ampas tebu maka perlu dilakukan survei langsung ke pabrik atau penjual *paving block* yang berada di sekitar Kota Yogyakarta.

4.7 Bagan Alir Penelitian

Dengan dijelaskannya prosedur penelitian diatas maka dapat dibuat bagan alir (*flow chart*) pelaksanaan penelitian mengenai pembuatan *paving block* dengan bahan tambah abu ampas tebu yang dimulai dari persiapan alat dan bahan, pemeriksaan bahan, pengujian benda uji, hingga dengan kesimpulan dari penelitian. Bagan alir (*flow chart*) dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir (Flow Chart) Pelaksanaan Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan dijelaskan di bab ini, dimulai dari pemeriksaan bahan, pengujian benda uji, hingga perhitungan harga pokok produksi beserta pembahasannya.

5.2 Hasil Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan bahan bertujuan untuk memeriksa apakah bahan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji memenuhi persyaratan sesuai standar sebagai bahan konstruksi. Hasil yang didapat dari pemeriksaan bahan yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia meliputi:

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Dari pengujian ini didapat hasil seperti yang terlampir pada Lampiran 3 sebagai berikut:

Berat jenis curah	= 2,44 g/cm ³
Berat jenis jenuh kering muka	= 2,56 g/cm ³
Berat jenis semu	= 2,78 g/cm ³
Penyerapan air	= 4,93%

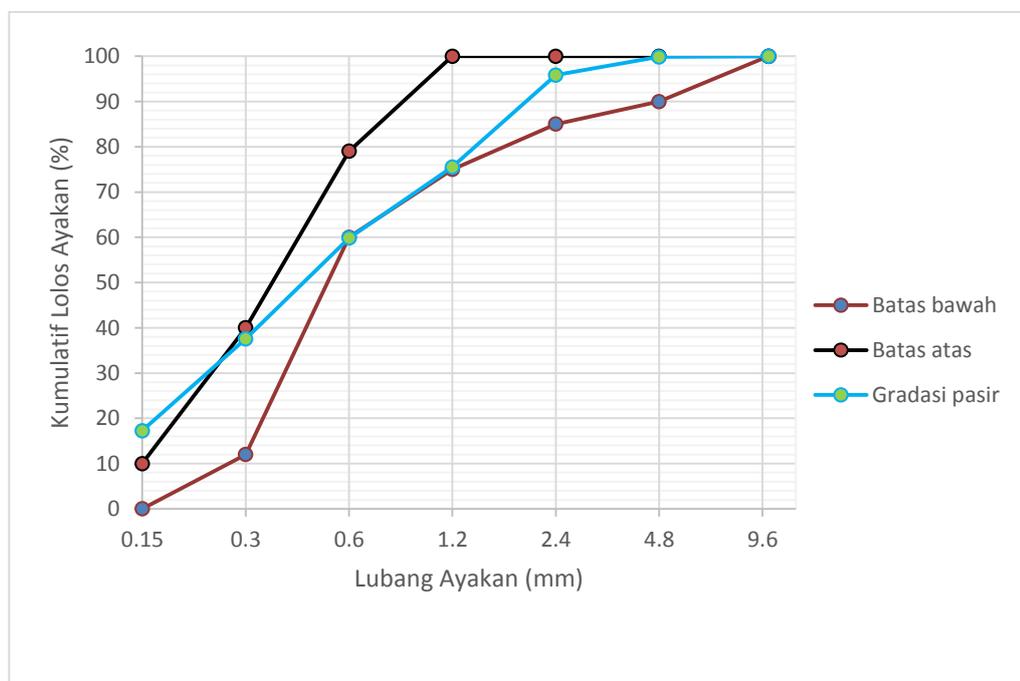
Nilai berat jenis normal pada pasir sebagai bahan konstruksi berada di antara 2,5 – 2,8. Dari hasil diatas pasir layak sebagai bahan konstruksi karena nilai berat jenis berada di antara 2,5 – 2,8.

2. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Dari pengujian ini didapat hasil seperti yang terlampir pada Lampiran 4 sebagai berikut:

Modulus halus butir	= 3,14
Gradasi pasir	= Daerah III

Menurut SK SNI S-04-1989-F, pasir yang baik mempunyai angka modulus halus butir antara 1,5 – 3,8. Dari hasil diatas maka pasir yang telah diuji termasuk pasir yang baik karena angka modulus halus butir pasir berada diantara 1,5 – 3,8. Hasil gradasi pasir berada di Daerah III yang berarti pasir yang telah diuji merupakan jenis pasir agak halus, dimana pasir agak halus merupakan pasir yang baik sebagai bahan campuran beton. Gradasi pasir dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Gradasi Pasir Daerah III Pasir Agak Halus

3. Pengujian Berat Volume Padat/Gembur Agregat Halus

Dari pengujian ini didapat hasil seperti yang terlampir pada Lampiran 5 sebagai berikut:

$$\text{Berat volume padat pasir} = 1,81 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Berat volume gembur pasir} = 1,54 \text{ g/cm}^3$$

Dari hasil diatas, berat pasir terhadap volume dalam kondisi padat adalah 1,81 g/cm³, sedangkan berat pasir terhadap volume dalam kondisi gembur adalah 1,54/cm³.

4. Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir

Dari pengujian ini didapat hasil seperti yang terlampir pada Lampiran 6 sebagai berikut:

Berat yang lolos Saringan No. 200 = 3,96%

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat pasir yang lolos Saringan No. 200 (0,075 mm) maksimum 5%. Dari hasil diatas maka pasir yang diuji memenuhi persyaratan sesuai standar PUBI-1982 karena berat pasir yang lolos Saringan No. 200 kurang dari 5%.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Campuran Bahan

Dengan didapatnya hasil pemeriksaan bahan yang dilakukan maka penelitian dapat dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan campuran yang akan digunakan untuk membuat benda uji. Benda uji dibuat dengan menggunakan perbandingan campuran semen dan pasir 1 : 6 dan kebutuhan abu ampas menggunakan perbandingan terhadap berat semen normal. Perhitungan bahan untuk setiap benda uji adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 benda uji (paving block)} &= 20 \times 10 \times 6 &= 1200 \text{ cm}^3 \\
 \text{Faktor pencampuran} &= 1,2 \times 1200 &= 1440 \text{ cm}^3 \\
 \text{Kebutuhan 1 paving block} &= 1400 \times 1,54 &= 2217,5 \text{ g} \\
 \text{Kebutuhan 6 paving block} &= 6 \times 2217,5 &= 13304,8 \text{ g} \\
 \text{Kebutuhan pasir} &= \frac{6}{7} \times 13304,8 &= 11404,1 \text{ g} \\
 \text{Kebutuhan semen} &= \frac{1}{7} \times 13304,8 &= 1900,7 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan abu ampas tebu terhadap berat normal semen untuk:

$$\begin{aligned}
 2,5\% \text{ abu ampas tebu} &= \frac{2,5}{100} \times 1900,7 &= 47,5 \text{ g} \\
 5\% \text{ abu ampas tebu} &= \frac{5}{100} \times 1900,7 &= 95 \text{ g} \\
 7,5\% \text{ abu ampas tebu} &= \frac{7,5}{100} \times 1900,7 &= 142,6 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$10\% \text{ abu ampas tebu} = \frac{10}{100} \times 1900,7 = 190,1 \text{ g}$$

Kebutuhan semen dengan campuran abu ampas tebu untuk campuran:

$$2,5\% \text{ abu ampas tebu} = 1900,7 - 47,5 = 1853,2 \text{ g}$$

$$5\% \text{ abu ampas tebu} = 1900,7 - 95 = 1805,6 \text{ g}$$

$$7,5\% \text{ abu ampas tebu} = 1900,7 - 142,6 = 1758,1 \text{ g}$$

$$10\% \text{ abu ampas tebu} = 1900,7 - 190,1 = 1710,6 \text{ g}$$

Kebutuhan campuran benda uji yang telah dihitung dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5.1 Kebutuhan Campuran Benda Uji

Variasi	Bahan Penyusun Benda Uji			Jumlah Benda Uji (buah)
	Semen (g)	Pasir (g)	Abu Ampas Tebu (g)	
0%	1900,7	11404,1	0	6
2,5%	1853,2	11404,1	47,5	6
5%	1805,6	11404,1	95	6
7,5%	1758,1	11404,1	142,6	6
10%	1710,6	11404,1	190,1	6

5.4 Hasil Pengujian Benda Uji

Benda uji yang telah dilakukan pengujian dan diambil datanya kemudian dilakukan pengolahan data atau penghitungan data untuk menghasilkan data baru yang diinginkan untuk kemudian disimpulkan dari data baru tersebut.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Benda uji yang diuji adalah *paving block* berumur 21 hari setelah pencetakan, untuk itu nilai kuat tekan pada umur 21 hari dikonversikan ke umur 28 hari untuk memperoleh nilai kuat tekan maksimal. Hasil pengujian kuat tekan didapat dengan melakukan penghitungan data sebagai berikut dengan variasi 2,5% abu ampas tebu pada sampel kedua sebagai contoh.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang } (p) &= 20,23 \text{ cm} \\
 \text{Lebar } (l) &= 10,15 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi } (t) &= 5,48 \text{ cm} \\
 \text{Luas } (A) &= p \times l \\
 &= 20,23 \times 10,15 \\
 &= 205,33 \text{ cm}^2 \\
 1 \text{ kN} &= 101,97 \text{ kg} \\
 \text{Beban Maksimum } (P) &= 540 \text{ kN} \\
 &= 540 \times 101,97 \\
 &= 55063,8 \text{ kg} \\
 1 \text{ kg/cm}^2 &= \frac{9,81}{100} \text{ MPa} \\
 \text{Kuat Tekan 21 hari } (f'c) &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{55063,8}{205,33} \times \frac{9,81}{100} \\
 &= 26,296 \text{ MPa} \\
 \text{Angka konversi benda uji 28 hari} &= 0,95 \\
 \text{Kuat tekan 28 hari } (f'c) &= \frac{26,296}{0,95} \\
 &= 27,680 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Penghitungan juga dilakukan pada dua benda uji lainnya sehingga didapat nilai kuat tekan total *paving block* pada variasi 2,5%. Nilai kuat tekan total kemudian dibagi banyak benda uji pada variasi 2,5% untuk memperoleh kuat tekan rata-rata benda uji, dapat ditulis dengan persamaan dibawah berikut penghitungannya:

$$\text{Kuat tekan rata-rata } (f'cr) = \frac{\sum f'c}{3}$$

$$= \frac{18,746 + 22,144 + 14,950}{3}$$

$$= 18,613 \text{ Mpa}$$

Dengan penghitungan seperti diatas maka diperoleh data hasil pengujian kuat tekan seperti pada Tabel-tabel berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji SNI

Benda Uji	Dimensi			Luas penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan 21 hari (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (Mpa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)				
SNI 1	20,5	10,45	6,025	214,23	402	18,752	19,739
SNI 2	20,31	10,225	6,025	207,67	306	14,716	15,491
SNI 3	20,57	10,47	6,01	215,37	507	23,567	24,807
Rata-rata					405	19,012	20,012

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 0%

Benda Uji	Dimensi			Luas penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan 21 hari (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (Mpa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)				
0% 1	20,305	10,265	5,805	208,43	483	23,159	24,378
0% 2	20,46	10,37	5,51	212,17	408	19,239	20,252
0% 3	20,33	10,2	5,71	207,37	412	19,893	20,940
Rata-rata					434	20,764	21,857

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 2,5%

Benda Uji	Dimensi			Luas penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan 21 hari (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (Mpa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)				
2,5% 1	20,38	10,265	5,46	209,20	480	22,971	24,180
2,5% 2	20,23	10,15	5,48	205,33	540	26,296	27,680
2,5% 3	20,37	10,265	5,355	209,10	405	19,367	20,368
Rata-rata					475	22,878	24,082

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 5%

Benda Uji	Dimensi			Luas penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan 21 hari (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (Mpa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)				
5% 1	20,24	10,29	5,5	208,27	481	23,126	24,343
5% 2	20,375	10,15	5,59	206,81	463	22,401	23,580
5% 3	20,305	10,185	5,5	206,81	408	19,738	20,777
Rata-rata					451	21,755	22,900

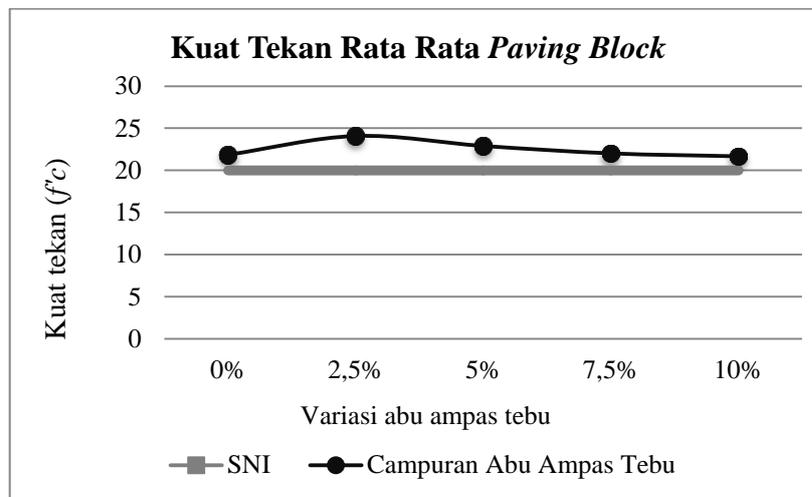
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 7,5%

Benda Uji	Dimensi			Luas penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan 21 hari (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (Mpa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)				
7,5% 1	20,235	10,105	5,415	204,47	418	20,439	21,514
7,5% 2	20,31	10,185	5,605	206,86	479	23,179	24,399
7,5% 3	20,24	10,145	5,21	205,33	393	19,143	20,151
Rata-rata					430	20,920	22,021

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji dengan Variasi 10%

Benda Uji	Dimensi			Luas penampang (cm ²)	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan 21 hari (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (Mpa)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)				
10% 1	20,25	10,15	5,125	205,54	413	20,123	21,182
10% 2	20,23	10,16	5,145	205,54	415	20,175	21,237
10% 3	20,28	10,225	5,035	207,36	445	21,456	22,585
Rata-rata					424	20,585	21,668

Hasil pengujian kuat tekan benda uji memperlihatkan bahwa kuat tekan *paving block* meningkat pada variasi 2,5% namun mengalami penurunan seiring penambahan kadar abu ampas tebu. Perubahan nilai kuat tekan rata-rata dan perbandingannya dengan *paving block* SNI dapat dilihat dengan jelas pada Tabel dan Gambar berikut.



Gambar 5.2 Grafik Kuat Tekan Rata-rata *Paving Block*

Dengan didapatnya hasil kuat tekan rata-rata pada semua benda uji yang diuji maka benda uji dapat digolongkan berdasarkan mutu benda uji sebagai *paving block* seperti pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Kuat Tekan Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block*

Variasi	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Mutu <i>Paving block</i> (SNI-03-0691-1996)	Digunakan untuk (SNI-03-0691-1996)
0%	21,857	B	Pelataran Parkir
2,5%	24,082	B	Pelataran Parkir
5%	22,900	B	Pelataran Parkir
7,5%	22,021	B	Pelataran Parkir
10%	21,668	B	Pelataran Parkir

Penambahan bahan tambah abu ampas tebu yang memiliki kandungan silika didalamnya ternyata dapat memberikan pengaruh yang cukup besar pada kuat tekan *paving block*. Pada penelitian ini *paving block* tanpa campuran abu ampas tebu mengungguli kuat tekan *paving block* SNI. Kemungkinan hal ini terjadi bisa disebabkan karena perbandingan campuran semen dan pasir yang dipakai dimana *paving block* menggunakan rasio 1 : 7 sedangkan *paving block* campuran abu ampas tebu menggunakan rasio 1 : 6 dengan ukuran dimensi *paving block* yang sama. Abu ampas tebu yang digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran

dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block* hingga optimum pada *paving block* abu ampas tebu variasi 2,5%, namun mengalami penurunan seiring dengan penambahan variasi abu ampas tebu.

Dalam Nugroho (2014) disebutkan bahwa penggunaan 15% abu ampas tebu dari berat normal semen merupakan nilai optimum sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan syarat pembakaran ampas tebu pada suhu 700°C, sedangkan dalam penelitian ini bahkan pada penggunaan 10% abu ampas tebu dari berat normal semen menunjukkan penurunan kuat tekan namun abu ampas tebu yang diperoleh dengan pembakaran ampas tebu secara konvensional, sehingga dapat disimpulkan bahwa perlu pembakaran yang lebih lama dengan suhu yang sangat tinggi untuk mendapat kandungan silika yang lebih tinggi pada abu ampas tebu agar kuat tekan pada *paving block* jauh lebih meningkat. Namun tak dapat dipungkiri bahwa penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah meningkatkan kuat tekan pada *paving block* dibanding dengan *paving block* pada umumnya.

5.4.2 Pengujian Penyerapan Air Benda Uji

Benda uji yang diuji adalah *paving block* berumur 28 hari setelah pencetakan. Hasil pengujian penyerapan air didapat dengan melakukan penghitungan data sebagai berikut dengan variasi 5% abu ampas tebu pada sampel pertama sebagai contoh.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat basah (} W_b \text{)} &= 2200 \text{ g} \\
 \text{Berat kering (} W_k \text{)} &= 2043 \text{ g} \\
 \text{Penyerapan air (\%)} &= \frac{W_b - W_k}{W_b} \times 100\% \\
 &= \frac{2200 - 2043}{2200} \times 100\% \\
 &= 7,68 \text{ \%}
 \end{aligned}$$

Penghitungan juga dilakukan pada dua benda uji lainnya sehingga didapat angka penyerapan air total *paving block* pada variasi 5%. Angka penyerapan total

kemudian dibagi banyak benda uji pada variasi 5% untuk memperoleh penyerapan air rata-rata benda uji, dapat ditulis dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan air rata-rata} &= \frac{\Sigma \text{Penyerapan Air}}{3} \\ &= \frac{7,68 + 5,34 + 9,31}{3} \\ &= 7,45 \% \end{aligned}$$

Dengan penghitungan seperti diatas maka diperoleh data hasil pengujian penyerapan air seperti pada Tabel-tabel berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving Block* SNI

Benda Uji	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata
SNI 1	2410	2175	10,80	11,32
SNI 2	2479	2290	8,25	
SNI 3	2419	2105	14,92	

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji 0%

Benda Uji	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata
0% 1	2503	2439	2,62	3,56
0% 2	2531	2428	4,24	
0% 3	2524	2431	3,83	

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji 2,5%

Benda Uji	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata
2,5% 1	2240	2124	5,46	6,13
2,5% 2	2234	2178	2,57	
2,5% 3	2240	2030	10,34	

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji 5%

Benda Uji	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata
5% 1	2200	2043	7,68	7,45
5% 2	2191	2080	5,34	
5% 3	2265	2072	9,31	

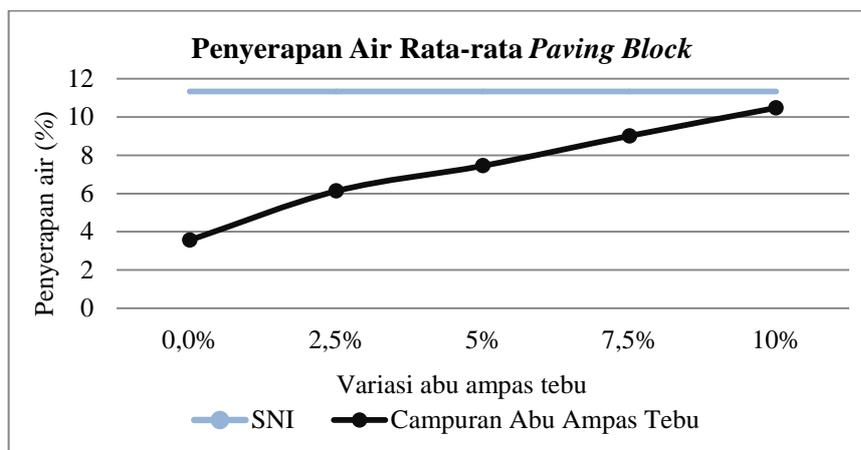
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji 7,5%

Benda Uji	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata
7,5% 1	2275	2120	7,31	9,01
7,5% 2	2225	2067	7,64	
7,5% 3	2284	2038	12,07	

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Penyerapan Air Benda Uji 10%

Benda Uji	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata
10% 1	2164	1952	10,86	10,47
10% 2	2140	1937	10,48	
10% 3	2098	1906	10,07	

Hasil pengujian penyerapan air benda uji memperlihatkan bahwa benda uji memiliki angka penyerapan air yang kecil pada variasi 2,5% namun mengalami kenaikan seiring penambahan kadar abu ampas tebu. Perubahan angka penyerapan air rata-rata dan perbandingannya dengan *paving block* SNI dapat dilihat dengan jelas pada Gambar berikut.



Gambar 5.3 Grafik Penyerapan Air Rata-rata *Paving Block*

Dengan didaptnya hasil penyerapan air rata-rata pada semua benda uji yang diuji maka benda uji dapat digolongkan berdasarkan mutu benda uji sebagai *paving block* seperti pada Tabel 5.15 berikut

Tabel 5.15 Daya Serap Air Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving Block*

Variasi	Penyerapan Air (%)	Mutu <i>Paving Block</i> (SNI-03-0691-1996)	Digunakan untuk (SNI-03-0691-1996)
0%	3,56	B	Pelataran Parkir
2,5%	6,13	C	Pejalan Kaki
5%	7,45	C	Pejalan Kaki
7,5%	9,01	C	Pejalan Kaki
10%	10,47	D	Perkerasan nonstruktural

Dari hasil penelitian ini *paving block* SNI memiliki angka penyerapan air melebihi maksimum yaitu 11,32%, sedangkan *paving block* tanpa bahan tambah abu ampas tebu memiliki angka penyerapan air sebesar 3,56%. Kemungkinan hal ini terjadi bisa disebabkan karena perbandingan campuran semen dan pasir yang dipakai dimana *paving block* menggunakan rasio 1 : 7 sedangkan *paving block* campuran abu ampas tebu menggunakan rasio 1 : 6 dengan ukuran dimensi *paving block* yang sama. Namun dengan penambahan abu ampas tebu pada *paving block* angka penyerapan air mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar abu ampas tebu. Hal ini dikarenakan sifat dari abu ampas tebu mempunyai daya serap

air yang cukup besar, karena abu ampas tebu mengandung bahan silika yang bersifat *pozzolan* yaitu menyerap air.

5.5 Perhitungan Harga Jual Benda Uji dan Perbandingannya dengan *Paving Block* Konvensional

Setelah didapatkan *paving block* abu ampas tebu yang memiliki kuat tekan dan serapan air sesuai dengan standar SNI-03-0691-1996 maka dapat dilakukan perhitungan analisis kelayakan produksi *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu. Dari hasil pengujian kuat tekan yang dilakukan semua *paving block* yang dihasilkan dari pencetakan dalam penelitian ini memiliki kuat tekan diatas *paving block* SNI yang dijadikan pembanding. Pada *paving block* variasi 2,5% dan 5% masing-masing memiliki kuat tekan rata-rata 24,082 MPa atau setara dengan 245,486 kg/cm² dan 22,900 MPa atau setara dengan 233,346 kg/cm² dimana dari tingkat kekerasannya sudah menandingi *paving block* K225, untuk itu analisa harga *paving block* variasi 2,5% dan 5% dibandingkan dengan *paving block* K225. Sementara *paving block* variasi 7,5% dan 10% masing-masing memiliki kuat tekan rata-rata 22,021 MPa atau setara dengan 224,480 kg/cm² dan 21,668 MPa atau setara dengan 220,879 kg/cm² dimana dari tingkat kekerasannya menandingi *paving block* K220, untuk itu analisa harga *paving block* variasi 7,5% dan 10% dibandingkan dengan *paving block* K220.

Info harga jual *paving block* yang menjadi acuan dalam penelitian ini diperoleh dari halaman internet Berlian Paving. Daftar harga jual *paving block* tipe *holland* dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm ditunjukkan pada tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Daftar Harga Jual *Paving Block*

Tingkat Kekerasan	Harga Jual	Isi per m ³	Harga per buah
K200	Rp. 56.000,-	48 buah	Rp. 1.170,-
K225	Rp. 59.000,-	48 buah	Rp. 1.230,-
K250	Rp. 63.000,-	48 buah	Rp. 1.320,-

(Sumber: pavingblockjogja.com)

Dari survei yang dilakukan mengenai harga hasil wawancara dengan salah satu pengusaha *paving block* menunjukkan ongkos kirim ke konsumen sebesar Rp.

200,- per buah dengan radius 5 km dan mempunyai margin keuntungan 20% dan dikenakan Pajak Pertambahan Nilai (PPn) sebesar 10%.

Biaya-biaya lain yang muncul dalam perhitungan ini beberapa diperoleh dari hasil wawancara, survei, dan asumsi. Mesin press *paving block* yang digunakan adalah mesin press yang memiliki kapasitas mencetak *paving block* hingga 2400 buah per hari.

Berikut adalah analisis kelayakan ekonomi *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu melalui perhitungan harga pokok produksi dengan variasi 10% sebagai contoh karena memiliki kuat tekan yang lebih tinggi namun paling mendekati dengan *paving block* K200 yang dijadikan sebagai pembandingan.

1. Menghitung biaya alat

a. Alat Utama

Harga alat press <i>paving block</i>	= Rp. 68.000.000,-
Harga alat <i>Mixer</i>	= Rp. 20.000.000,-
Total harga alat	= Rp. 88.000.000,-
Umur alat	= 5 tahun
Nilai sisa alat	= Rp. 17.600.000,-
Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
Penyusutan	= $\frac{88.000.000 - 17.600.000}{5 \times 300}$
	= Rp. 46.933,33,- /hari

b. Alat Bantu

Ember @10bh	= Rp. 100.000,-
Cetok @2bh	= Rp. 20.000,-
Sekop kecil @2bh	= Rp. 30.000,-
Cangkul @1bh	= Rp. 80.000,-
Harga total alat bantu	= Rp. 230.000,-
Umur alat	= 6 bulan
Nilai sisa alat	= 0
Jumlah hari kerja	= 6 bulan

$$\begin{aligned} \text{Penyusutan} &= \frac{230.000 - 0}{150} \\ &= \text{Rp. 1.533,-/hari} \end{aligned}$$

Total biaya penyusutan alat per hari = Rp. 48.466,-

2. Menghitung biaya bangunan

$$\begin{aligned} \text{Harga bangunan} &= \text{Rp. 20.000.000,-} \\ \text{Umur bangunan} &= 5 \text{ tahun} \\ \text{Nilai sisa bangunan} &= - \\ \text{Jumlah hari kerja} &= 300 \text{ hari/tahun} \\ \text{Penyusutan} &= \frac{20.000.000 - 0}{5 \times 300} \\ &= \text{Rp. 13.333,-} \end{aligned}$$

3. Menghitung biaya perawatan alat

$$\begin{aligned} \text{Listrik dan air per bulan} &= \text{Rp. 250.000,-/bulan (25hari)} \\ \text{Listrik dan air perhari} &= \frac{25.000}{25} \\ &= \text{Rp. 10.000,-} \end{aligned}$$

4. Menghitung biaya papan dasar

$$\begin{aligned} \text{Total pengerasan} &= 1 \text{ hari} \\ \text{Kebutuhan paving block per hari} &= 2400 \text{ bh} \\ \text{Kebutuhan papan} &= 200 \text{ papan} \\ \text{Harga satuan papan} &= \text{Rp. 10.000,-} \\ \text{Harga total papan} &= \text{Rp. 2.000.000,-} \\ \text{Umur papan} &= 6 \text{ bulan} \\ \text{Nilai sisa} &= - \\ \text{Jumlah hari kerja per tahun} &= 300 \text{ hari} \\ \text{Penyusutan papan per hari} &= \frac{2.000.000 - 0}{150} \\ &= \text{Rp. 13.333,- /hari} \end{aligned}$$

5. Menghitung biaya upah

$$\text{Jumlah perkerja} = 5 \text{ orang}$$

Penghasilan <i>paving block</i> per hari	= 200/papan
Upah pekerja per papan	= Rp. 2000,-/papan
Upah pekerja per hari	= $\frac{200 \times 2000}{5}$
	= Rp 80.000,-/orang/hari
Pimpinan	= 1
Gaji pimpinan per hari	= Rp 85.000,-
Total upah per hari	= Rp 485.000,-/hari

6. Menghitung biaya material

Kebutuhan material pada 1 <i>paving block</i> variasi 10% abu ampas tebu	
90% PCC : 6ps : 10% Aat	= 0,2851 + 0,0317 + 1,9007
	= 2,2175 g
Massa jenis pasir	= 1200 kg/m ³
Kebutuhan pasir per hari	= $\left(\frac{1,9007}{2,2175} \times 2400 \right) / 1200$
	= 1,715 m ³
Harga pasir per m ³	= Rp. 125.000,-
Biaya pasir per hari	= Rp. 214.400,-
Biaya angkut pasir per km	= Rp. 3.000,-
Biaya angkut pasir jarak 3 km	= Rp. 9.000,-
Total biaya kebutuhan pasir per hari	= Rp. 223.400,-
Kebutuhan semen per hari	= $\frac{0,2851}{2,2175} \times 2400$
	= 308,564 kg
	= 8 sak
Harga semen per 1 sak	= Rp. 39.000,-
Biaya semen per hari	= Rp. 312.000,-
Biaya angkut semen per km	= Rp. 3.000,-
Biaya angkut semen jarak 5 km	= Rp. 15.000,-
Total biaya kebutuhan semen per hari	= Rp. 327.000,-

Kebutuhan abu ampas tebu per hari	= $\frac{0,0317}{2,2175} \times 2400$
	= 34,31 kg
Biaya abu ampas tebu per kg	= Rp. 500,-
Biaya abu ampas tebu per hari	= Rp. 17.155,-
Biaya angkut abu ampas tebu per km	= Rp. 3.000,-
Biaya angkut abu ampas tebu jarak 6 km	= Rp. 18.000,-
Total biaya kebutuhan abu ampas tebu per hari	= Rp. 35.155,-
Total biaya material per/hari	= Rp. 585.555,-
7. Biaya makan minum	
Makan minum per satu pekerja	= Rp. 15.000,-
Total personil	= 6 orang
Total biaya konsumsi	= 6 x Rp 15.000
	= Rp. 90.000,- /hari
8. Biaya THR	
Uang per tahun	= Rp. 250.000/tahun
Jumlah pekerja	= 5 orang
Jumlah pemimpin	= 1 orang
Uang per hari	= Rp. 5.000,- /hari
Barang per tahun	= Rp. 150.000/tahun
Barang per hari	= Rp. 3.000,-/hari
Total biaya THR	= Rp. 8.000,- /hari
9. Rekapitulasi total biaya pengeluaran per hari	
Biaya mesin dan alat	= Rp. 48.466,-
Biaya bangunan	= Rp. 13.333,-
Biaya operasional dan perawatan	= Rp. 10.000,-
Biaya papan dasar	= Rp. 13.333,-
Biaya material	= Rp. 585.555,-
Biaya tenaga kerja	= Rp. 485.000,-

Biaya konsumsi	= Rp. 90.000,-
Biaya tunjangan hari raya	= Rp. 8.000,-
Total biaya pengeluaran per hari	= Rp. 1.253.687,-/hari
10. Menghitung harga pokok produksi lapangan	
Produksi <i>paving block</i> per hari	= 2400 paving/hari
Total biaya pengeluaran	= Rp. 1.253.687,-/hari
HPP Lapangan	= $\frac{1.253.687}{2400}$
	= Rp. 522,37,-
20% Margin perusahaan	= Rp. 104,48,-
PPN 10%	= Rp. 52,24,-
Harga dasar paving	= Rp. 679,09,-
Biaya kirim per paving	= Rp. 200,-
Harga pokok total	= Rp. 879,09,-/buah
11. Menghitung penghasilan produksi per hari	
Produksi <i>paving block</i> per hari	= 2400 paving/hari
Harga jual <i>paving block</i> K200	= Rp. 1.170,-/buah
Total Pemasukan	= 2400 x Rp. 1.170,-
	= Rp. 2.808.000,-/hari
12. Menghitung keuntungan per <i>paving block</i>	
a. Persentase keuntungan per buah	= $\frac{1170 - 879,09}{1170} \times 100\%$
	= 24,864%
Keuntungan	= Rp. 1.170 – Rp. 879,09,-
	= Rp. 290,91/buah
b. Keuntungan per hari	= 2400 buah x Rp. 290,91
	= Rp. 698.184,-/hari
c. Keuntungan per bulan	
Jumlah hari kerja	= 25 hari/bln
Keuntungan 1 bulan	= 25 x Rp. 698.184
	= Rp. 17.454.600,-/bulan

d. Keuntungan per tahun

Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
Keuntungan 1 tahun	= 300 x Rp. 698.184
	= Rp. 209.455.200,-/tahun

Bila dilakukan perhitungan pada semua variasi maka didapat harga pokok produksi pada masing-masing variasi dimana apabila *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu dijual dengan harga jual di pasaran diperoleh persentase keuntungan dan keuntungan per buahnya seperti pada tabel 5.17 berikut. Dari perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu layak jual dan menguntungkan.

Tabel 5.17 Keuntungan *Paving Block* Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu dari Harga Pokok Produksi Terhadap Harga Jual *Paving Block* di Pasaran

Tipe <i>Paving Block</i>	Harga Jual di pasaran per buah	<i>Paving Block</i> Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu per buah		Keuntungan	
		Variasi	Harga Pokok Produksi	%	per buah
K200	Rp. 1.170,-	0%	Rp. 881,16,-	24,687	Rp. 288,84,-
K225	Rp. 1.230,-	2,5%	Rp. 893,26,-	27,377	Rp. 336,74,-
K225	Rp. 1.230,-	5%	Rp. 895,57,-	27,189	Rp. 334,43,-
K200	Rp. 1.170,-	7,5%	Rp. 876,76,-	25,063	Rp. 293,24,-
K200	Rp. 1.170,-	10%	Rp. 879,09,-	24,864	Rp. 290,91,-

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa apabila *paving block* dengan kadar 10% abu ampas tebu seperti contoh yang memiliki harga pokok produksi sebesar Rp. 879,09,- dijual sebagai *paving block* K200 dengan harga jual per buah sebesar Rp. 1.170,- maka bisa diperoleh keuntungan perbuah nya sebesar 24,864% dengan keuntungan sebesar Rp.290,91,- per buahnya.

Setelah diketahui bahwa penggunaan bahan tambah abu ampas tebu pada *paving block* layak jual dan menguntungkan maka *paving block* tersebut bisa ditentukan harga jual yang dapat bersaing di pasaran dengan target harga jual *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu lebih murah dari *paving block* konvensional.

Bila dari harga pokok produksi didapat kemudian diambil asumsi ingin mendapatkan keuntungan per buah sebesar 20% dari harga pokok produksi agar dapat bersaing dengan harga jual *paving block* di pasaran maka didapat harga jual untuk *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu pada masing-masing variasi dan perbandingannya dengan harga jual yang ada di pasaran seperti pada tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Perbandingan Harga Jual *Paving Block* Konvensional dengan *Paving Block* Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu

Tipe <i>Paving Block</i>	Isi Per m ³ (bh)	<i>Paving Block</i> di pasaran		<i>Paving Block</i> Campuran Abu Ampas Tebu			
		Harga per buah (Rp)	Harga Jual (Rp)	Keuntungan per buah	Variasi	Harga Per Buah (Rp)	Harga Jual (Rp)
K200	48	1.170,-	56.000,-	20%	0%	1.100,-	53.000,-
K225	48	1.230,-	59.000,-	20%	2,5%	1.125,-	54.000,-
K225	48	1.230,-	59.000,-	20%	5%	1.125,-	54.000,-
K200	48	1.170,-	56.000,-	20%	7,5%	1.100,-	53.000,-
K200	48	1.170,-	56.000,-	20%	10%	1.100,-	53.000,-

Dengan penentuan persentase keuntungan sehingga didapatnya harga jual seperti pada tabel 5.18 diharapkan adanya daya minat pembeli pada *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu.

Dari tabel 5.18 diatas bila diambil pilihan *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu yang memiliki nilai kuat tekan yang baik dan menguntungkan dari segi harga maka untuk *paving block* K225 *paving block* dengan kadar 2,5% abu ampas tebu adalah pilihan yang bagus untuk diperjualbelikan karena memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi, harga pokok produksi yang lebih murah, dan keuntungan per buah yang lebih besar dibanding *paving block* dengan kadar 5% abu ampas tebu.

Dengan harga jual Rp. 54.000,- untuk *paving block* dengan kadar 2,5% abu ampas tebu bisa dihitung penghasilan produksi perhari, keuntungan per buah, keuntungan per hari, keuntungan per bulan, dan keuntungan per tahun seperti pada perhitungan berikut.

1. Menghitung penghasilan produksi per hari

Produksi <i>paving block</i> per hari	= 2400 paving/hari
Harga jual <i>paving block</i> K225	= Rp. 1.125,-/buah
Total Pemasukan	= 2400 x Rp. 1.125,- = Rp. 2.700.000,-/hari

2. Menghitung keuntungan per *paving block*

a. Persentase keuntungan per buah	= $\frac{1.125 - 893,26}{1.125} \times 100\%$ = 20,6%
Keuntungan	= Rp. 1.125,- – Rp. 893,26,- = Rp. 231,74,-/buah
b. Keuntungan per hari	= 2400 buah x Rp. 231,74,- = Rp. 556.176,-/hari
c. Keuntungan per bulan	
Jumlah hari kerja	= 25 hari/bln
Keuntungan 1 bulan	= 25 x Rp. 556.176,- = Rp. 13.904.400,-/bulan
d. Keuntungan per tahun	
Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
Keuntungan 1 tahun	= 300 x Rp. 556.176,- = Rp. 166.852.800,-/tahun

Dari perhitungan diatas apabila *paving block* dengan kadar 2,5% abu ampas tebu dijual sebagai *paving block* K225 maka didapat pemasukan per hari sebesar Rp. 2.700.000,-, persentase keuntungan sebesar 20,6% dengan keuntungan per buahnya Rp. 231,74,-, keuntungan per harinya sebesar Rp. 556.176,-, keuntungan per bulannya sebesar Rp. 13.904.400,-, dan keuntungan per tahunnya sebesar Rp 166.852.800,-.

Sedangkan untuk *paving block* K200 *paving block* dengan kadar 7,5% abu ampas tebu adalah pilihan yang bagus untuk diperjualbelikan karena memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi, harga pokok produksi yang lebih murah, dan

keuntungan per buah yang lebih besar dibanding *paving block* dengan kadar 10% abu ampas tebu.

Dengan harga jual Rp. 53.000,- untuk *paving block* dengan kadar 7,5% abu ampas tebu bisa dihitung penghasilan produksi perhari, keuntungan per buah, keuntungan per hari, keuntungan per bulan, dan keuntungan per tahun seperti pada perhitungan dibawah berikut.

1. Menghitung penghasilan produksi per hari

Produksi <i>paving block</i> per hari	= 2400 paving/hari
Harga jual <i>paving block</i> K225	= Rp. 1.100,-/buah
Total Pemasukan	= 2400 x Rp. 1.100,- = Rp. 2.640.000,-/hari

2. Menghitung keuntungan per *paving block*

a. Persentase keuntungan per buah	= $\frac{1.100 - 876,76}{1.100} \times 100\%$ = 20,3%
Keuntungan	= Rp. 1.100,- – Rp. 876,76,- = Rp. 223,24,-/buah
b. Keuntungan per hari	= 2400 buah x Rp. 223,24,- = Rp. 535.776,-/hari
c. Keuntungan per bulan	
Jumlah hari kerja	= 25 hari/bln
Keuntungan 1 bulan	= 25 x Rp. 535.776,- = Rp. 13.394.400,-/bulan
d. Keuntungan per tahun	
Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
Keuntungan 1 tahun	= 300 x Rp. 535.776,- = Rp 160.732.800,-/tahun

Dari perhitungan diatas apabila *paving block* dengan kadar 7,5% abu ampas tebu dijual sebagai *paving block* K200 maka didapat pemasukan per hari sebesar Rp. 2.640.000,-, persentase keuntungan sebesar 20,3% dengan keuntungan per buahnya Rp. 223,24,-, keuntungan per harinya sebesar Rp. 535.776,-, keuntungan

per bulannya sebesar Rp. 13.394.400,-, dan keuntungan per tahunnya sebesar Rp 160.732.800,-.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tentang Perbandingan Harga *Paving Block* Konvensional dan *Paving Block* dengan Campuran Bahan Tambah Abu Ampas Tebu dimana abu ampas tebu yang digunakan terdiri dari beberapa variasi antara lain 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% maka dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan nilai kuat tekan dan angka penyerapan air yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan *paving block* dengan penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan pengganti sebagian berat normal semen memiliki mutu yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996 pada benda uji 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Berdasarkan dari nilai kuat tekannya *paving block* campuran abu ampas tebu pada semua variasi dapat digunakan untuk pelataran parkir. Berdasarkan dari penyerapan airnya *paving block* dengan 2,5%, 5%, dan 7,5% abu ampas tebu dapat digunakan untuk pejalan kaki, sedangkan *paving block* dengan 10% abu ampas tebu dapat digunakan untuk perkerasan nonstruktural. Dari variasi *paving block* yang ada pilihan optimum yang direkomendasikan penggunaannya berdasarkan tingkat kekerasan dan penyerapan airnya yaitu *paving block* dengan kadar 2,5% abu ampas tebu untuk *paving block* K225 dan *paving block* dengan kadar 7,5% abu ampas tebu untuk *paving block* K200 masing-masing digunakan untuk beban yang dilewati mobil atau motor seperti pada pelataran parkir atau jalan perumahan.
2. *Paving block* dengan campuran abu ampas tebu memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan *paving block* SNI yang digunakan dalam pengujian ini. Nilai kuat tekan pada benda uji SNI, 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% berturut-turut adalah 20,012 MPa, 21,857 Mpa, 24,082 MPa, 22,900 MPa, 22,021 MPa, dan 21,668 Mpa dengan nilai kuat tertinggi pada benda uji 2,5% dengan nilai 24,082. Dari nilai kuat tekan diatas *paving block* dengan

campuran abu ampas tebu memiliki mutu yang sesuai SNI 03-0691-1996 dan mengungguli *paving block* SNI walaupun nilai kuat tekan mengalami penurunan pada benda uji 5%.

3. *Paving block* dengan campuran abu ampas tebu memiliki angka penyerapan air yang lebih rendah dibandingkan dengan *paving block* SNI yang digunakan dalam pengujian ini. Angka penyerapan air pada benda uji 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% berturut-turut adalah 3,56%, 6,13%, 7,45%, 9,01%, dan 10,47%. Dari angka penyerapan air diatas dapat dilihat bahwa dengan menaikkan kadar abu ampas tebu akan meningkatkan penyerapan air.
4. Pilihan optimum *paving block* campuran bahan tambah abu ampas tebu yang digunakan untuk diperjualbelikan beserta harga jualnya dengan target keuntungan 20% yang dapat bersaing di pasaran yaitu *paving block* dengan kadar 2,5% abu ampas tebu dijual sebagai *paving block* K225 seharga Rp. 54.000,- dengan selisih Rp. 5.000,- lebih murah dari harga jual *paving block* konvensional dan *paving block* dengan kadar 7,5% abu ampas tebu dijual sebagai *paving block* K200 seharga Rp. 53.000,- dengan selisih Rp. 3.000,- lebih murah dari harga jual *paving block* konvensional.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang diharapkan mampu melengkapi penelitian lebih lanjut, diantaranya:

1. Untuk dilakukan pembakaran yang lebih lama dengan suhu yang sangat tinggi pada ampas tebu agar dapat menghasilkan kandungan *silika* dan *alumina* yang dapat berperan sebagai bahan pengikat pada abu ampas tebu agar dalam pencampuran pembuatan *paving block* menghasilkan nilai kuat tekan yang optimum.
2. Diadakan penelitian tentang pembuatan *paving block* dengan variasi sama namun menggunakan *paving block* dengan ukuran ketebalan 8 cm sebagai perbandingan.
3. Diadakan penelitian tentang pembuatan *paving block* dengan kadar abu ampas tebu yang lebih tinggi dan menghitung harga produksi pada *paving block*

tersebut untuk mengetahui nilai kuat tekan dan penyerapan air dengan abu ampas tebu yang telah mengalami pembakaran dengan suhu yang sangat tinggi dengan harapan *paving block* memiliki nilai kuat tekan yang tinggi, penyerapan air yang kecil, dan harga pokok produksi yang lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, F. 2014. *Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Serat pada Kuat Tekan Paving Block*. Politeknik Negeri Padang, Padang.
- Asiacon. 2018. *Apa Saja Tujuan dan Manfaat Menggunakan Paving Block?* PT. ASIACON CIPTA PRIMA, Bekasi. (<https://asiacon.co.id/blog/tujuan-dan-manfaat-paving-block>) Diakses 30 Juli 2018
- Asiacon. 2018. *Definisi Paving Block atau Conblock* PT. ASIACON CIPTA PRIMA, Bekasi. (<https://asiacon.co.id/blog/definisi-paving-block-atau-conblock>) Diakses 30 Juli 2018
- Batubara, Helmina. 2013. *Penentuan Harga Pokok Produksi Berdasarkan Metode Full Costing Pada Pembuatan Etalase Kaca dan Aluminium di UD. Istana Aluminium Manado*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Dumyati, A dan Manalu, D.F. 2015. *Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jurnal Fropil Vol 3 Nomor 1 Juli-Desember 2015. Universitas Bangka Belitung, Bangka Belitung.
- Fauzi, E.P. dkk. 2013. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Bahan Alternatif Pendukung Pembuatan Paving Block dengan Metode Multi Respon Taguchi*. Universtas Brawijaya, Malang.
- Hariawan, J.B. 2007. *Pengaruh Perbedaan Karakteristik Type Semen Ordinary Portland Cement (OPC) dan Portland Composite Cement (PCC) Terhadap Kuat Tekan Mortar*. Universitas Gunadarma, Depok.
- Hatmoko, J.T. 2007. *UCS Tanah Lempung Ekspansif yang Distabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Mulyadi. 2007. *Akuntansi Biaya Harga Pokok Produksi*, Yayasan Keluarga Pahlawan Negara. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Nurchasanah Y. dkk. 2011. *Pemanfaatan Pozolan Alam sebagai Bahan Baku dalam Rekayasa Teknologi Beton di Kabupaten Pacitan*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

- Nugroho, A.S. 2014. *Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu PG.Madukismo Sebagai Bahan Substitusi dan Pengisi (Filler) Terhadap Karakteristik Paving Block*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nurzal dan Zakir, Z. 2014. *Pengaruh Komposisi Fly Ash Terhadap Kuat Tekan pada Pembuatan Paving Block*. Jurnal Teknik Mesin Vol.4, No.1, April 2014 : 15 – 21. FTI - ITP, Padang.
- Rompas, G.P. dkk. 2013. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen dalam Campuran Beton Ditinjau Terhadap Kuat Tarik Lentur dan Modulus Elastisitas*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.2, Januari 2013 (82-89). Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sebayang, S. dkk. 2011. *Perbandingan Mutu Paving Block Produksi Manual dengan Produksi Masinal*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Setiawan, F. 2017. *Tinjauan Terhadap Kuat Tekan dan Harga Produksi Paving Block dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa*. Uniersitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 1996. *SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block)*. Dewan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2004. *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. Dewan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia. 2014. *SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit*. Dewan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton, Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, Terbitan Pertama*. Nafiri. Yogyakarta.
- Ukroi, N.U. dkk. 2013. *Pengaruh Abu Ampas Tebu pada Perubahan Presentase Pengembangan Tanah Lempung Tanon*. e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Vol.1 No.4/Desember 2013/350. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Bahan Yang Digunakan



Gambar L-1.1 Semen Komposit *Portland*



Gambar L-1.2 Pasir



Gambar L-1.3 Air Yang Berada dalam Tangki



Gambar L-1.4 Sampel Abu Ampas Tebu

Lampiran 2 Gambar Alat Yang Digunakan**Gambar L-2.1 Timbangan****Gambar L-2.2 Saringan**



Gambar L-2.3 Mesin Penggetar/Pengguncang Saringan



Gambar L-2.4 Oven



Gambar L-2.5 Piknometer



Gambar L-2.6 Silinder



Gambar L-2.7 Cetakan *Paving Block* Tipe *Holland*



Gambar L-2.8 Mesin Press *Paving Block*



Gambar L-2.9 Bak Adukan dan Cetok



Gambar L-2.10 Mesin Uji Kuat Tekan



Gambar L-2.11 Jangka Sorong



Gambar L-2.12 Baskom



Gambar L-2.13 Sendok Semen



Gambar L-2.14 Sikat Kawat



Gambar L-2.15 Talam



Gambar L-2.16 Plastik

Lampiran 3 Form 01/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII



LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telp. (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	<i>Kali Gendol, Merapi</i>
Keperluan	<i>Pembuatan Sampel Paving Block, Tugas Akhir</i>

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	476,5
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1088,8
Berat piknometer berisi air, gram (B)	704
Berat jenis curah,..... (1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	$476,5 / (704+500-1088,8) = 2,44$
Berat jenis jenuh kering muka,.....(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	$500 / (704+500-1088,8) = 2,56$
Berat jenis semu,..... (3) $Bk / (B + Bk - Bt)$	$476,5 / (704+476,5-1088,8) = 2,78$
Penyerapan air,..... (4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%$	$(500-476,5) / 476,5 \times 100\% = 4,93\%$

Keterangan:

- 500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Kesimpulan	<i>Berdasarkan angka" diatas, pasir yang diuji merupakan pasir yang baik sebagai bahan konstruksi</i>
-------------------	---

Diperiksa oleh:

Daru salam

 LABORATORIUM
BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

Yogyakarta,

Dikerjakan oleh:

[Signature]

Lampiran 4 Form 03.1/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII



LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi
Keperluan	<i>Pembuatan Sampel Paving Block, Tugas Akhir</i>

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00				100
4,80	2,4	0,13	0,13	99,87
2,40	72,7	4,03	4,17	95,83
1,20	365,6	20,29	24,46	75,54
0,60	282,9	15,70	40,16	59,84
0,30	401,4	22,28	62,43	37,57
0,15	365,7	20,30	82,73	17,27
Sisa	311,2	17,27	100	0

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{314,08}{100} = \boxed{3,14}$$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,40	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,20	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,60	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,30	5 – 20	80 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar Daerah III : Pasir Agak Halus
Daerah II : Pasir Agak Kasar Daerah IV : Pasir Halus

Lanjutan Lampiran 4 Form 03.1/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII



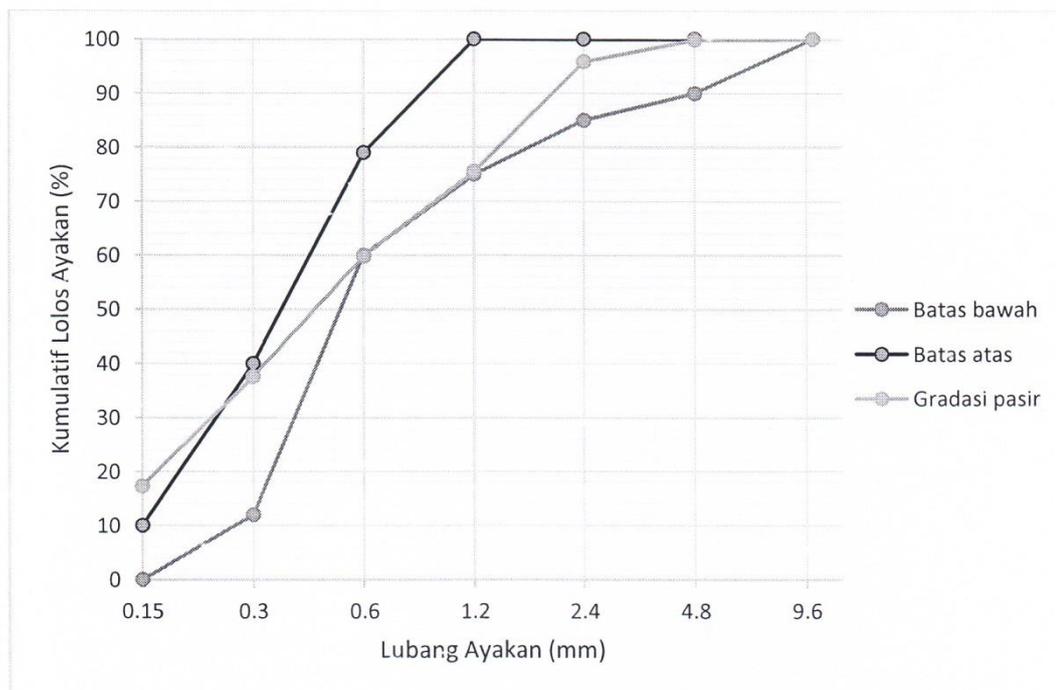
LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpon (0274)898444 eks. 3250 &3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

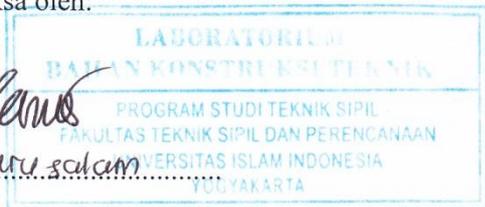
Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : III
- Jenis pasir : pasir agak halus

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



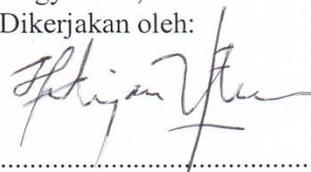
Diperiksa oleh:

Daru salam
 Daru salam


Yogyakarta,

Dikerjakan oleh:

[Signature]



Lampiran 5 Form 05.1/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII

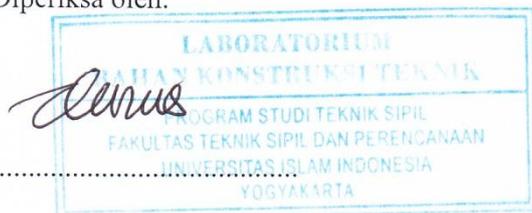


LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km.14,4 Telpn (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi	
Keperluan	<i>Pembuatan Sampel Paving Block, Tugas Akhir</i>	
Uraian		Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	gram	10847
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	19014
Berat Agregat (W3)	gram	8167
Volume tabung (V)	cm ³	$\frac{1}{4} \times 22,7 \times 15^2 \times 30$ =5303,57
Berat Volume Gembur = (W3 / V)	gram/cm ³	$8167 / 5303,57$ = 1,54

Diperiksa oleh:



Yogyakarta,

Dikerjakan oleh:

Lampiran 6 Form 05.2/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII

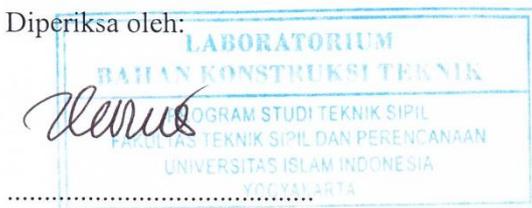


LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn. (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi	
Keperluan	<i>Pembuatan Sampel Paving Block, Tugas Akhir</i>	
Uraian		Hasil Pengamatan
Berat tabung (W1)	gram	10847
Berat tabung + Agregat kering tungku (W2)	gram	20446
Berat Agregat (W3)	gram	9559
Volume tabung (V)	cm ³	5303,57
Berat Volume Padat = (W3 / V)	gram/cm ³	9559 / 5303,57 = 1,81

Diperiksa oleh:



Yogyakarta,

Dikerjakan oleh:

Lampiran 7 Form 07/BKT Lab TBK Teknik Sipil FTSP UII



LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200 /UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi
Keperluan	<i>Pembuatan Sampel Paving Block, Tugas Akhir</i>

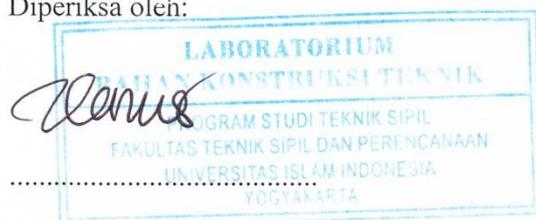
Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500
Berat Agregat Kering Oven setelah dicuci (W2) gram	480,2
Berat yang Lolos Ayakan No. 200 $[(W1 - W2) / W1] \times 100\%$	$(500 - 480,2) / 500$ $\times 100\% = 3,96\%$

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

- a. untuk Pasir maksimum 5% (lima persen)
- b. untuk Kerikil maksimum 1% (satu persen)

Diperiksa oleh:



Yogyakarta,

Dikerjakan oleh:

Lampiran 8 Form Pengujian Kuat Tekan



LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 Jalan Kaliurang Km 14,4 Telpn (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

PENGUJIAN KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*

Pengukuran Benda Uji dan Pembacaan Beban Maksimum

Benda Uji	Panjang, cm (<i>p</i>)	Lebar, cm (<i>l</i>)	Tinggi, cm (<i>t</i>)	Luas Penampang, cm ² ($A = p \cdot l$)	Beban Maksimum, kN (<i>P</i>)	
SNI	1	20,5	10,45	6,025	214,23	402
	2	20,31	10,225	6,025	207,67	306
	3	20,57	10,47	6,01	215,37	507
0%	1	20,305	10,265	5,805	208,43	483
	2	20,46	10,37	5,51	212,17	408
	3	20,33	10,2	5,71	207,37	412
2,5%	1	20,38	10,265	5,46	209,20	480
	2	20,23	10,15	5,48	205,33	540
	3	20,37	10,265	5,355	209,10	405
5%	1	20,24	10,29	5,5	208,27	481
	2	20,375	10,15	5,59	206,81	463
	3	20,305	10,185	5,5	206,81	408
7,5%	1	20,235	10,105	5,415	204,47	418
	2	20,31	10,185	5,605	206,86	479
	3	20,24	10,145	5,21	205,33	393
10%	1	20,25	10,15	5,125	205,54	413
	2	20,23	10,16	5,145	205,54	415
	3	20,28	10,225	5,035	207,36	445

Lanjutan Lampiran 8 Form Pengujian Kuat Tekan



LABORATORIUM TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telp (0274)898444 eks. 3250 & 3259 Yogyakarta

PENGUJIAN KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*

Hasil Nilai Kuat Tekan

Angka konversi umur benda uji = 0,95

Benda Uji	Kuat Tekan 21 hari, MPa ($f'c = P/A$)	Kuat Tekan Rata-rata, MPa ($f'cr$)	Kuat Tekan 28 hari, MPa ($f'c \times 0,95$)	Kuat Tekan Rata-rata, MPa ($f'cr$)	Mutu Paving Block
SNI	1	18,752	19,739	20,012	B
	2	14,716	15,491		
	3	23,567	24,807		
0%	1	23,159	24,378	21,857	B
	2	19,239	20,252		
	3	19,893	20,940		
2,5%	1	22,971	24,180	24,082	B
	2	26,296	27,680		
	3	19,367	20,386		
5%	1	23,126	24,343	22,900	B
	2	22,401	23,580		
	3	19,738	20,777		
7,5%	1	20,439	21,514	22,021	B
	2	23,179	24,399		
	3	19,143	20,151		
10%	1	20,123	21,182	21,668	B
	2	20,175	21,237		
	3	21,456	22,585		

Diperiksa oleh:



Yogyakarta,
Dikerjakan oleh:

Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian

Gambar L-9.1 Pycnometer Berisi Pasir dan Air pada Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir



Gambar L-9.2 Silinder Berisi Pasir pada Pengujian Berat Volume Pada/Gembur Pasir



Gambar L-9.3 Campuran Bahan Penyusun Benda Uji pada Pembuatan Benda Uji



Gambar L-9.4 Penuangan Campuran Bahan ke Dalam Cetakan *Paving Block* dalam Mesin Press *Paving Block* pada Pembuatan Benda Uji



Gambar L-9.5 Benda Uji Setelah Pencetakan



Gambar L-9.6 Pembacaan Beban Maksimum pada Pengujian Kuat Tekan



Gambar L-9.7 Perendaman Benda Uji pada Pengujian Penyerapan Air