

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN HARGA
PRODUKSI PAVING BLOCK DENGAN
PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA
(*REVIEW OF COMPRESSIVE STRENGTH AND PRICE
PRODUCTION OF PAVING BLOCKS WITH THE
ADDITION OF COCONUT SHELL ASH*)**

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



Fery Setiawan

11.511.113

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN HARGA
PRODUKSI PAVING BLOCK DENGAN
PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA
*(REVIEW OF COMPRESSIVE STRENGTH AND PRICE
PRODUCTION OF PAVING BLOCKS WITH THE
ADDITION OF COCONUT SHELL ASH)***

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



Fery Setiawan

11.511.113

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

TUGAS AKHIR

TINJAUAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN HARGA
PRODUKSI PAVING BLOCK DENGAN
PENAMBAHAN ABU TEMPURUNG KELAPA
(*REVIEW OF COMPRESSIVE STRENGTH AND PRICE
PRODUCTION OF PAVING BLOCKS WITH THE
ADDITION OF COCONUT SHELL ASH*)

Disusun oleh

Fery Setiawan
11.511.113

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

diuji pada tanggal 19 April 2017

oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji I

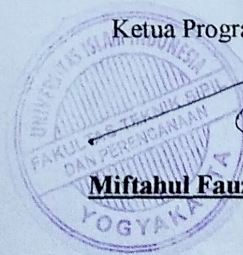
Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T.

Penguji II

Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D.

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.

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 perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 Februari 2017

Yang membuat pernyataan,



Fery Setiawan

(11.511.113)

“Man Jadda Wa Jadda”

Siapa Mau Bersungguh-Sungguh Pasti Akan Mendapatkannya

“La Tahla”

*“Allah Tidak Membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S. Al-Baqarah [2]:286)*

“Jangan pernah menunda kesempatan, karena waktu tidak akan pernah menunggu”

“Jangan lupa bahagia & selalu bersyukur ”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Tinjauan Terhadap Kuat Tekan dan Harga Produksi Paving Block dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu 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. Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil terima kasih atas bimbingan, nasehat dan ilmu yang telah diberikan kepada penyusun selama menjalani masa kuliah.
2. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing, terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang diberikan kepada penyusun dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T. selaku Dosen Penguji I
4. Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji II
5. Bapak Ngadina dan Ibu Siti Waridah selaku orang tua, terima kasih atas semua nasehat, bimbingan, semangat, doa, dan selalu senantiasa bersabar untuk menantikan selesainya studi ini.
6. Rina Nawansari dan Rekyan Wimba Putra, selaku kakak dan adik dari penulis yang telah memberikan bantuan, doa, dan semangat hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
7. Mutmainah, yang tak bosan-bosan memberikan semangat, motivasi, dan doanya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

8. Aditya Syazili Nurcahya, Ahmad Nur Hasan, Danny Pramudi, Raditya Radimas Putra, Wahyudi, terimakasih atas bantuan, doa, saran, dan semangat yang telah diberikan.
9. Teman-Teman Prodi Teknik Sipil 2011 Universitas Islam Indonesia atas segala bantuan dalam pembuatan benda uji di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi maupun di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
10. Semua pihak yang telah membantu terlaksananya Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga inovasi *paving block* abu tempurung kelapa yang telah dilakukan dan disajikan dalam bentuk Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi bagi dunia Teknik Sipil dan dapat bermanfaat untuk pengembangan inovasi selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarokatuh

Yogyakarta, 20 Februari 2017

Penulis,

Fery Setiawan
11.511.113

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN PENELITIAN	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 TINJAUAN UMUM	5
2.2 PENELITIAN SEBELUMNYA	5
2.2.1 <i>Paving block</i> dengan Campuran Limbah Tempurung Kelapa Sawit	5
2.2.2 <i>Paving block</i> dengan Campuran Abu Tempurung Kelapa	6
2.2.3 <i>Paving block</i> dengan Campuran Abu Sekam	7
2.2.4 <i>Paving block</i> dengan Campuran Abu Ampas Tebu	8
2.2.5 Batako dengan Campuran Pecahan	

	Tempurung Kelapa	8
	2.3 PERBEDAAN DARI PENELITIAN SEBELUMNYA	9
BAB III	LANDASAN TEORI	12
	3.1 UMUM	12
	3.2 <i>PAVING BLOCK</i>	12
	3.3 BAHAN PEMBUATAN <i>PAVING BLOCK</i>	13
	3.3.1 Semen Portland	14
	3.3.2 Agregat Halus	15
	3.3.3 Air	17
	3.3.4 Abu Tempurung Kelapa	18
	3.4 KUAT TEKAN <i>PAVING BLOCK</i>	19
	3.5 DAYA SERAP AIR <i>PAVING BLOCK</i>	22
	3.6 MIX DESIGN	23
	3.7 HARGA POKOK PRODUKSI	23
	3.8 RENCANA ANGGARAN BIAYA <i>PAVING BLOCK</i>	26
BAB IV	METODELOGI PENELITIAN	27
	4.1 TINJAUAN UMUM	27
	4.1.1 Tempat Penelitian	28
	4.1.2 Komposisi Bahan Susun	28
	4.2 ALAT DAN BAHAN	29
	4.2.1 Alat yang Digunakan	29
	4.2.2 Bahan yang Digunakan	35
	4.3 TAHAP PELAKSANAAN PENELITIAN	35
	4.3.1 Tahap Persiapan Bahan	36
	4.3.2 Proses Pencampuran	40
	4.3.3 Proses Pembuatan Benda Uji	40
	4.3.4 Proses Perawatan Benda Uji	41
	4.3.5 Proses Pengujian <i>Paving block</i>	41
	4.4 HARGA POKOK PRODUKSI	42
	4.4.1 Penentuan Harga Pokok Produksi	42
	4.4.2 Data yang Diperlukan dalam Penelitian	42

4.4.3	Analisis Kelayakan Usaha	43
4.5	BAGAN ALIR PENELITIAN	43
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	45
5.1	TINJAUAN UMUM	45
5.2	PENGUJIAN KARAKTERISTIK BAHAN	45
5.2.1	Pengujian Berat Volume Gembur Abu Tempurung Kelapa	45
5.2.2	Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	46
5.2.3	Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir	47
5.2.4	Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Agregat Halus	47
5.2.5	Pengujian Gradasi Pasir atau Modulus Halus Butir Agregat	48
5.3	PERHITUNGAN KEBUTUHAN CAMPURAN	50
5.4	DATA HASIL PENGUJIAN	51
5.4.1	Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i>	51
5.4.2	Pengujian Penyerapan Air	56
5.5	HARGA POKOK PRODUKSI	60
5.5.1	Harga	60
5.5.2	Perhitungan Harga Pokok Produksi	61
5.6	PERBANDINGAN HASIL PENELITIAN DENGAN PENELITIAN SEBELUMNYA	67
BAB VI	SIMPULAN DAN SARAN	69
6.1	SIMPULAN	69
6.2	SARAN	70
	DAFTAR PUSTAKA	72
	LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya	10
Tabel 3.1	Sifat-Sifat Fisika <i>Paving block</i>	13
Tabel 3.2	Batas-Batas Gradasi Agregat Halus	17
Tabel 3.3	Senyawa Abu Tempurung Kelapa	20
Tabel 3.4	Standart Daya Serap Air Untuk <i>Paving block</i>	23
Tabel 3.5	Daftar Harga Satuan Bahan Pembuatan <i>Paving block</i>	27
Tabel 3.6	Daftar Harga Satuan Upah Pekerja Pembuatan <i>Paving block</i>	27
Tabel 4.1	Komposisi Campuran pada <i>Paving block</i>	29
Tabel 4.2	Jumlah Benda Uji	30
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Abu Tempurung Kelapa	45
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	46
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir	47
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir	47
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir	48
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Gradasi Material Pasir	48
Tabel 5.7	Penggolongan Daerah Gradasi Beserta Hasil Pengujian	49
Tabel 5.8	Komposisi Campuran <i>Paving block</i>	51
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> SNI	52
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> Variasi 0%	52
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> Variasi 2,5%	52
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> Variasi 5%	53
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> Variasi 7,5%	53
Tabel 5.14	Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Paving block</i> Variasi 10%	53
Tabel 5.15	Kuat Desak Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving block</i>	54
Tabel 5.16	Persentase Kenaikan Kuat Desak	55
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> SNI	57
Tabel 5.18	Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> Variasi 0%	57
Tabel 5.19	Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> Variasi 2,5%	58

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> Variasi 5%	58
Tabel 5.21 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> Variasi 7,5%	58
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Penyerapan Air <i>Paving block</i> Variasi 10%	58
Tabel 5.23 Daya Serap Air Rata-rata dan Penggolongan Mutu <i>Paving block</i>	59
Tabel 5.24 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton	22
Gambar 4.1	Dimensi <i>Paving block</i>	28
Gambar 4.2	Cetakan <i>Paving block</i>	31
Gambar 4.3	Mesin Pres <i>Paving block</i>	31
Gambar 4.4	Ayakan	32
Gambar 4.5	Timbangan	33
Gambar 4.6	Cetok	33
Gambar 4.7	<i>Piknometer</i>	34
Gambar 4.8	Oven	34
Gambar 4.9	Alat Uji Kuat Tekan	35
Gambar 4.10	Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>) Pelaksanaan Penelitian	44
Gambar 5.1	Gradasi Daerah III Material Pasir Agak Halus	49
Gambar 5.2	Grafik Kuat Desak Rata-rata <i>Paving block</i>	55
Gambar 5.3	Grafik Daya Serap Air Rata-rata <i>Paving block</i>	59
Gambar 5.4	Grafik Persentase Kenaikan Daya Serap Air	60

ABSTRAK

Dalam upaya untuk menekan biaya pembangunan, salah satu caranya adalah dengan pemanfaatan bahan bangunan lokal. Sebagai contohnya adalah abu tempurung kelapa, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam pembuatan mortar (*Paving block*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase penambahan abu tempurung kelapa, dan mengetahui nilai kuat tekan dan penyerapan air *paving block* abu tempurung kelapa yang memenuhi standar SNI -03-0691-1996, juga untuk mengetahui harga pokok produksi *paving block* yang kompetitif di pasaran.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan benda uji kontrol. Benda uji kontrol dibuat tanpa penambahan abu tempurung kelapa, sedangkan benda uji penelitian dibuat dengan penambahan variasi abu tempurung kelapa. 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 didapatkan, penggunaan abu tempurung kelapa mampu meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*, nilai kuat tekan rata-rata optimum didapatkan pada penambahan variasi abu tempurung kelapa sebesar 2,5% yaitu sebesar 282,41 kg/cm² dengan kenaikan sebesar 6,15 % dari *paving block* normal sebesar 266,06 kg/cm². Semakin besar variasi penambahan abu tempurung kelapa juga mengakibatkan semakin besar nilai daya serap air pada *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%. Harga produksi *paving block* abu tempurung kelapa memiliki harga pokok total sebesar Rp. 1.303,38 per buah, lebih murah dibandingkan dengan *paving block* di pasaran dan mempunyai keuntungan sebesar 6,90% per buah.

Kata kunci : *paving block*, abu tempurung kelapa, kuat tekan, daya serap air, harga produksi *paving block*

ABSTRACT

In effort to reduce construction costs, one of the solution is to use of local building materials. An example is coconut shell ashes, which can be used as a material that can replace cement partially in the production of mortar (Paving Blocks). The purpose of this research is knowing the percentage addition of coconut shell ashes, and press-strength value and paving block absorption of the coconut shell ashes that equals to SNI-03-0691-1996, also knowing the competitive main cost of paving blocks production in the market.

This study used an experimental method using control specimens. The control specimens made without the addition of coconut shell ash, while the research specimen is made by adding some variations of coconut shell ashes. The mixture composition that used is 1pc : 6ps with fas 0,35, while the coconut shell 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.

From the test result obtained, the use of coconut shell ash can improve compressive strength of paving block, the optimum value of average compressive strength obtained on the addition of 2,5% coconut shell ash variation which is 282,41 kg/cm² with 6,15% gain from normal paving block of 266,06 kg/cm². The greater the variation of the addition of coconut shell ash is also increase paving block's water absorption capacity. The results of the study of coconut shell ash paving block's water absorption capacity are 5,924%, 6,674%, 6,995%, 7,629%, and 8,394%. The total production price of coconut shell ash paving blocks is Rp. 13030,38 per piece, which cheaper than other commercial paving blocks and has 6,90% profit per piece

Keywords: *Paving Blocks, coconut shell ash, compressive strength, water absorption, and price production of paving blocks*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

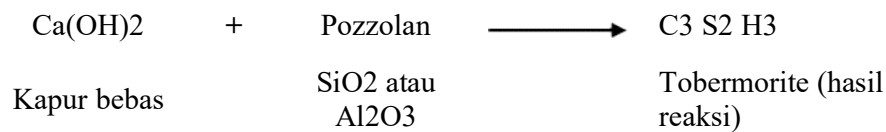
Pembangunan infrastruktur masyarakat pada saat ini, terutama di bidang pemukiman (perumahan) dan sarana penunjangnya, semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Di sisi lain, pembangunan rumah tinggal dengan biaya yang murah merupakan program yang senantiasa diupayakan pemerintah dan didambakan oleh masyarakat pada saat ini. Dalam upaya untuk menekan biaya bangunan tersebut, salah satu caranya adalah dengan pemanfaatan bahan dari limbah rumah tangga, karena mudah diperoleh, biaya transportasi murah serta dapat menjadi sumber mata pencaharian masyarakat setempat di antaranya pemanfaatan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah pembuatan *paving block*.

Buah kelapa umumnya hanya dimanfaatkan dagingnya saja untuk dijadikan kopra, minyak dan santan untuk keperluan rumah tangga, sedangkan untuk tempurung kelapa sebagian kecil hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk keperluan rumah tangga, pengasapan kopra, dan lain-lain, sedangkan untuk hasil sampingan lainnya seperti abu tempurung kelapa belum begitu banyak dimanfaatkan. Ide dasar pada penggunaan abu tempurung kelapa adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai yang juga tidak dapat didaur ulang dan memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat dalam pembuatan *paving block*.

Oleh sebab itu dalam penelitian ini, peneliti mencoba untuk memanfaatkan abu tempurung kelapa yang terinspirasi dari keperluan rumah tangga dan sebagai bahan bakar untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *paving block*. Hal ini dikarenakan tempurung kelapa mudah didapat, memiliki harga yang tidak mahal dan juga abu tempurung kelapa memiliki unsur silika yang dimana unsur silika ini bersifat pozolan, yaitu suatu sifat bahan yang bila diberi air memiliki sifat plastis dan mudah dibentuk (Zhafirin, 2012).

Pertimbangan penggunaan bahan abu tempurung kelapa pada penelitian ini selain karena abu tempurung kelapa memiliki kandungan silika yang cukup tinggi dan cocok untuk bahan susun dalam *paving block*, juga untuk mengoptimalkan penggunaan abu tempurung kelapa.

Menurut Tjokrodimuljo (1996) dalam Zhafirin (2012) untuk mengurangi pembebasan kapur akibat reaksi antara semen dan air perlu ditambahkan senyawa yang mengandung silika atau silika dan alumina (pozzolan), sehingga dapat bereaksi dengan kapur bebas membentuk zat perekat (tobermorite). Persamaan reaksi pengikatan kapur bebas oleh pozzolan adalah sebagai berikut:



Dengan penambahan abu tempurung kelapa dimaksudkan agar dapat mengetahui pengaruh penggunaan abu tersebut terhadap kualitas *paving block*, diharapkan dengan memberikan bahan tambah abu tempurung kelapa dapat menghasilkan kualitas yang lebih baik dan memiliki nilai yang ekonomis. Maka dengan demikian perlu diteliti pengaruh penggunaan abu tempurung kelapa terhadap tinjauan kuat tekan dan harga produksi *paving block*.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Pada saat ini pemanfaatan abu tempurung kelapa belumlah maksimal, karena hanya digunakan sebagai abu gosok, pupuk organik dan kebanyakan tidak dimanfaatkan. Karena abu tempurung kelapa memiliki kandungan silika, maka memungkinkan penggunaannya dalam meningkatkan kualitas *paving block*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas maka ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa banyaknya penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block* agar memenuhi standar SNI-03-0691-1996?

2. Berapa besar nilai kuat tekan dan penyerapan air *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa agar memenuhi standar SNI-03-0691-1996?
3. Berapa harga pokok produksi sebuah *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa yang kompetitif di pasaran?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui persentase penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block* yang memenuhi standar SNI-03-0691-1996.
2. Untuk mengetahui nilai kuat tekan dan penyerapan air *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa yang memenuhi standar SNI-03-0691-1996.
3. Untuk mengetahui harga pokok produksi sebuah *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa yang kompetitif di pasaran.

1.4 BATASAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini perlu adanya batasan penelitian, agar dalam melakukan pengujian dapat menghasilkan *paving block* yang baik. Adapun batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari sungai Gendol Merapi.
2. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen merk Tiga Roda yang dibungkus kemasan 40kg.
3. Dalam penelitian ini abu tempurung kelapa diperoleh dari proses pembakaran tempurung kelapa yang dilakukan oleh industri pembuatan arang tempurung kelapa.
4. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari saluran air di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Universitas Islam Indonesia.

5. Menggunakan perbandingan volume semen : pasir sebesar 1 : 6, faktor air semen (fas) sebesar 0,35 dan dengan abu tempurung kelapa yang ditambahkan adalah 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% dari berat semen.
6. Pengujian dilakukan dengan standar SNI-03-0691-1996 tentang *Paving block* yaitu kinerja kuat tekan, dan penyerapan air pada *paving block* dalam keadaan keras.
7. Pengujian ini menggunakan *paving block* tipe holand dengan panjang 200 mm, lebar 100 mm, dan tebal 60 mm.
8. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini hanya sebatas pengujian kuat tekan dan penyerapan air dalam kondisi *paving block* berumur 21 hari.
9. Penelitian ini dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Universitas Islam Indonesia.
10. Reaksi kimia tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi pembaca dan peneliti, hasil penelitian merupakan salah satu wawasan untuk mengembangkan ilmu teknologi bahan konstruksi.
2. Bagi mahasiswa, hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi dan referensi untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut mengenai penambahan bahan lain untuk pembuatan *paving block*.
3. Bagi produsen, hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan informasi dan referensi untuk memproduksi *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa dengan beberapa kelebihan yang ada pada abu tempurung kelapa.
4. Bagi masyarakat, diharapkan dapat digunakan sebagai bahan informasi dalam menentukan pilihan bahan perkerasan jalan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN UMUM

Paving blok adalah batu cetak yang berasal dari campuran bahan bangunan berupa pasir dan semen PC dengan perbandingan campuran tertentu, yang mempunyai beberapa variasi bentuk untuk memenuhi selera pemakai. Sedangkan menurut SNI-03-0691-1996, *paving block* (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

2.2 PENELITIAN SEBELUMNYA

Penelitian ini mengacu pada beberapa hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *paving block* atau sejenisnya sebagai referensi data penunjang dalam penelitian ini:

2.2.1 *Paving block* dengan Bahan Tambah Limbah Tempurung Kelapa Sawit

Triyono (2010) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah tempurung kelapa sawit untuk pembuatan *paving block*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik bahan *paving block* dan mengetahui kuat tekan, serapan air akibat penambahan limbah tempurung kelapa sawit. Pengujian ini menggunakan variasi campuran tempurung kelapa sawit sebesar 0%; 5%; 10%; 15%; 20% dan 25%. Hasil pengujian kuat tekan *paving block* pada umur 28 hari didapatkan hasil kuat tekan rata-rata sebagai berikut, pada variasi campuran 0% sebesar 311,89 kg/cm², pada variasi campuran 5% sebesar 277,57 kg/cm², pada variasi campuran 10% sebesar 249,68 kg/cm², pada variasi campuran 15% sebesar 215,70 kg/cm², pada variasi campuran 20% sebesar 182,32 kg/cm², dan

pada variasi campuran 25% sebesar 116,88 kg/cm². Dari pengujian tersebut dapat terlihat bahwa kuat tekan *paving block* semakin menurun dengan bertambahnya kandungan tempurung kelapa sawit dalam campuran. Sebaliknya terjadi pada pengujian serapan air, serapan air *paving block* semakin meningkat dengan bertambahnya kandungan tempurung kelapa sawit dalam campuran. Hasil pengujian serapan air masing-masing variasi adalah sebagai berikut, pada variasi 0% sebesar 5,56%, pada variasi 5% sebesar 5,89 %, pada variasi 10% sebesar 6,45 %, pada variasi 15% sebesar 6,92 %, pada variasi 20% sebesar 8,24 %, dan pada variasi 25% sebesar 10,55 %.

2.2.2 *Paving block* dengan Bahan Tambah Abu Tempurung Kelapa

Zhafirin (2012) telah melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan abu tempurung kelapa pada pembuatan *paving block*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan abu tempurung kelapa terhadap nilai kuat tekan, kuat lentur dan penyerapan air pada *paving block*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu tempurung kelapa dengan variasi 0 %, 2,5 %, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata yang bervariasi. Penambahan abu tempurung kelapa pada variasi 0% mendapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 128,73 kg/cm², pada variasi 2,5% abu tempurung kelapa sebesar 130,96 kg/cm², pada variasi 5% abu tempurung kelapa sebesar 141,42 kg/cm², pada variasi 7,5% abu tempurung kelapa sebesar 167,95 kg/cm², pada variasi 10% abu tempurung kelapa sebesar 268,84 kg/cm², dan pada variasi 12,5% abu tempurung kelapa sebesar 169,22 kg/cm². Abu tempurung kelapa dapat meningkatkan nilai kuat tekan, kondisi optimum terjadi pada penambahan variasi 10% dan mengalami penurunan pada variasi 12,5%. Hasil pengujian kuat lentur *paving block* dengan abu tempurung kelapa mengalami kenaikan nilai kuat lentur dan mengalami penurunan setelah mendapatkan kuat lentur maksimal. Sama halnya yang terjadi pada kuat tekan , dimana yang mengalami kondisi optimum pada penambahan abu tempurung kelapa pada variasi 10% dengan nilai rata-rata sebesar 27,99 kg/cm² dan mengalami penurunan pada variasi 12,5% sebesar 3,77

kg/cm² dengan nilai rata-rata sebesar 24,22 kg/cm². Sedangkan pada pengujian serapan air hasil pengujian memperlihatkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan abu tempurung kelapa, semakin besar serapan air yang dimiliki *paving block*. *Paving block* tanpa penambahan abu tempurung kelapa memiliki serapan air sebesar 14,64%, lebih rendah dari serapan air dengan penambahan 2,5% abu tempurung kelapa yang mencapai 14,84%. Serapan air yang lebih tinggi diperoleh dari *paving block* dengan penambahan 5% – 12,5% abu tempurung kelapa dengan nilai masing-masing sebesar 15,06%, 15,32%, 15,73%, dan 15,99%.

2.2.3 *Paving block* dengan Bahan Tambah Abu Sekam

Wicaksono (2012) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh abu sekam sebagai bahan pengganti sebagian semen pada kuat desak dan kuat lentur serta daya serap air *paving block*. Berdasarkan pengujian kuat desak yang dilakukan pada umur 28 hari, dengan variasi masing-masing abu sekam yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30% memperlihatkan bahwa kuat desak *paving block* meningkat dari variasi 0% - 20% sedangkan pada variasi 30% kuat desak *paving block* menurun. Hasil pengujian kuat desak rata-rata dengan variasi 0% sebesar 172,98 kg/cm², pada variasi 10% sebesar 236,21 kg/cm², pada variasi 20% sebesar 253,39 kg/cm², sedangkan pada variasi 30% diperoleh kuat desak yang lebih kecil, yaitu sebesar 144,60 kg/cm². Hal yang sama juga terjadi pada pengujian kuat lentur *paving block*, yaitu pada variasi 0% sebesar 33,54 kg/cm², pada variasi 10% sebesar 33,99 kg/cm², pada variasi 20% sebesar 40,93 kg/cm², dan pada variasi 30% hanya diperoleh kuat lentur sebesar 22,28 kg/cm². Sedangkan pada pengujian daya serap air terjadi peningkatan daya serap air pada setiap penambahan penggunaan variasi abu sekam. Hasil pengujian daya serap air pada variasi 0% sebesar 7,36 %, pada variasi 10% sebesar 7,63%, pada variasi 20% sebesar 8,58%, dan pada variasi 30% sebesar 9,91%.

2.2.4 Paving block dengan Bahan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi dan Filler

Nugroho (2013) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah abu ampas tebu pg. madukismo sebagai bahan substitusi semen dan pengisi (filler) terhadap karakteristik *paving block*. Dalam penelitian ini benda uji dibuat menjadi 5 tipe, yaitu A0, B0, C0, D0, dan E0. *Paving block* tipe A0 yaitu *paving block* tanpa abu ampas tebu (0%), tipe B0 yaitu substitusi semen sebesar 15%, tipe C0 yaitu substitusi semen sebesar 15% + filler 5%, tipe D0 yaitu substitusi semen sebesar 15% + filler 10%, dan tipe E0 yaitu substitusi semen sebesar 15% + filler 15%. Berdasarkan pengujian kuat tekan setelah umur 28 hari diketahui bahwa *paving block* tipe B0 menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 246,61 kg/cm² atau mengalami kenaikan sebesar 134,18% dari *paving block* tipe A0 sebesar 183,76 kg/cm², sedangkan *paving block* pada tipe C0, D0, dan E0 mengalami penurunan masing-masing sebesar 157,91 kg/cm², 127,92 kg/cm², dan 64,82 kg/cm². Pada pengujian ketahanan aus *paving block* mempunyai nilai rata-rata yang bervariasi, yaitu pada tipe A0 sebesar 0,72 mm/mnt, pada tipe B0 sebesar 0,17 mm/mnt, pada tipe C0 sebesar 0,42 mm/mnt, pada tipe D0 sebesar 0,73 mm/mnt, dan pada tipe E0 sebesar 6,80 mm/mnt. Dan pada pengujian serapan air hasil terbaik juga pada *paving block* tipe B0 yaitu sebesar 2,68 %, sedangkan pada *paving block* tipe A0, C0, D0, dan E0 mengalami peningkatan dari B0 masing-masing sebesar 4,25%, 3,17%, 5,78%, dan 9,44%.

2.2.5 Batako dengan Bahan Tambah Pecahan Tempurung Kelapa

Hartanto (2014) telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah pecahan tempurung kelapa sebagai bahan tambah pada pembuatan batako. Penelitian ini menggunakan benda uji berupa batako dengan ukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm. Perbandingan berat antara semen dan agregat halus sebesar 1 : 6 dengan fas 0,4. Persentase penambahan pecahan tempurung kelapa sebanyak 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata batako pada umur 28 hari diperoleh bahwa pada penambahan pecahan tempurung kelapa 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%, secara berturut-turut menghasilkan nilai kuat tekan batako rata-rata

sebesar 52,907 kg/cm², 73,114 kg/cm², 63,495 kg/cm², 55,794 kg/cm², dan 32,711 kg/cm². Jadi pada pengujian ini nilai kuat tekan batako maksimum terjadi pada persentase penambahan pecahan tempurung kelapa 1% dengan nilai kuat tekan sebesar 73,114 kg/cm².

2.3 PERBEDAAN DARI PENELITIAN SEBELUMNYA

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai penambahan bahan abu tempurung kelapa pada *paving block* diketahui perbedaannya yaitu perbandingan campuran berat pasir dan variasi penambahan abu tempurung kelapa yang digunakan dalam pembuatan *paving block*. Dalam hal ini peneliti melakukan penelitian *paving block* dengan perbandingan campuran sebesar 1 : 6 lebih kecil dari penelitian sebelumnya.

Pemilihan perbandingan campuran yang lebih kecil dalam pembuatan *paving block* diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan sekaligus mengurangi daya serap air pada *paving block*. Pada penelitian ini peneliti menggunakan abu tempurung kelapa karena peneliti ingin mencoba mengembangkan penggunaan abu tempurung kelapa dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Dari segi biaya, penggunaan abu tempurung kelapa mampu menghemat biaya produksi *paving block* karena dapat mengurangi penggunaan semen dan pasir yang digunakan sebagai campuran *paving block* sehingga biaya produksinya lebih murah.

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
Triyono (2010)	Limbah Tempurung Kelapa Sawit	- Hasil penelitian menggunakan limbah tempurung kelapa sawit menunjukkan bahwa kuat tekan <i>paving block</i> dengan penambahan limbah tempurung kelapa sawit semakin menurun dan memiliki daya serap air yang cenderung semakin meningkat.	- Pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai bahan tambah pembuatan <i>paving block</i> . - Ukuran <i>paving block</i> yang digunakan 20cm x 10cm x 6cm	- Menggunakan bahan dari industri pengolahan minyak kelapa sawit. - Mutu <i>paving block</i> yang cenderung menurun.	- Menggunakan bahan dari industri rumah tangga. - Diharapkan dapat meningkatkan mutu <i>paving block</i> .
Zhafirin (2012)	Abu Tempurung Kelapa	- Hasil penelitian dengan bahan abu tempurung kelapa kuat tekan <i>paving block</i> meningkat sampai pada variasi tertentu, tetapi daya serap airnya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya abu tempurung kelapa.	- Menggunakan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah pembuatan <i>paving block</i> . - Menggunakan <i>paving block</i> ukuran 20cm x 10cm x 6cm	- Komposisi campuran yang digunakan sebesar 1pc : 8ps - Faktor air semen (fas) yang digunakan sebesar 0,4.	- Komposisi campuran yang digunakan sebesar 1pc : 6ps - Faktor air semen (fas) yang digunakan sebesar 0,35.

Lanjutan Tabel 2.1 Tabel Persamaan dan Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya

Peneliti (Tahun)	Jenis bahan tambah	Hasil penelitian	Persamaan	Perbedaan	
				Penelitian terdahulu	Rencana penelitian
Wicaksono (2012)	Abu Sekam	- Penggunaan abu sekam pada penelitian ini mampu mengubah mutu kuat tekan <i>paving block</i> , tetapi pada pengujian serap air justru mengalami peningkatan serap airnya.	- Menggunakan komposisi campuran semen dan pasir sebesar 1 : 6. - Menggunakan <i>paving block</i> ukuran 20cm x 10cm x 6cm	- Menggunakan abu sekam sebagai bahan tambah pembuatan <i>paving block</i> .	- Menggunakan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah pembuatan <i>paving block</i> .
Nugroho (2013)	Abu Ampas Tebu	- Pada penelitian ini hasil optimal hanya terjadi pada substitusi 15%, sedangkan pada substitusi + filler mutu <i>paving block</i> justru mengalami penurunan.	- Memiliki persamaan bahan tambah dalam pembuatan <i>paving block</i> berupa abu.	- Komposisi campuran yang digunakan 1pc : 5,5ps - Menggunakan <i>paving block</i> ukuran 20cm x 10cm x 8cm	- Komposisi campuran yang digunakan sebesar 1pc : 6ps - Menggunakan <i>paving block</i> ukuran 20cm x 10cm x 6cm
Hartanto (2014)	Pecahan Tempurung Kelapa	- Pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak variasi pecahan tempurung kelapa yang ditambahkan, maka kuat tekan yang didapatkan semakin menurun. Hasil optimum terjadi pada penambahan pecahan tempurung kelapa 1%.	- Memiliki persamaan bahan tambah dalam pembuatan <i>paving block</i> berupa bahan dari tempurung kelapa.	- Menggunakan batako sebagai benda uji penelitian - Pecahan tempurung kelapa sebagai bahan tambah dalam penelitian ini.	- Menggunakan <i>paving block</i> sebagai benda uji penelitian - Abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah dalam penelitian.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Secara umum komponen pembuatan beton dengan *paving block* hampir sama yaitu semen, pasir, dan air, bahkan untuk pengujian kuat desak, pengujian daya serap air serta cara pemeliharaan hingga umur yang ditentukan juga sama. Yang membedakan adalah fungsi, cara pembuatan atau pencetakan, gradasi atau ukuran agregatnya. Selain itu koefisien pengali kuat desak yang dihubungkan dengan umur beton juga berbeda, untuk beton umur 7 hari misalnya, faktor pengali untuk kuat desak beton adalah 64% sedangkan untuk *paving block* adalah 95% dan juga untuk faktor air semen yang berpengaruh pada nilai slump *paving block* mendekati nol.

Paving block yang baik biasanya mempunyai kriteria kuat desak tinggi, daya serap air rendah, berat susut kecil, tahan aus, tahan terhadap cuaca dan tahan terhadap zat kimia yang akan merusak mutu *paving block*.

3.2 PAVING BLOCK

Paving block merupakan bahan bangunan yang digunakan sebagai perkerasan permukaan jalan, baik jalan untuk keperluan pelataran, parkir kendaraan, jalan raya, ataupun untuk keperluan dekoratif pada pembuatan taman. *Paving block* dibuat dari campuran bahan pengikat hidrolis atau sejenisnya dengan agregat halus dan dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya, kemudian dicetak sedemikian rupa (Nadhiroh, 1992 dalam Nurmawanti, 2006).

Menurut SNI-03-0691-1996, *paving block* (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu.

Bata beton dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat warna pada komposisinya dan digunakan untuk halaman baik di dalam maupun di luar bangunan.

Menurut SNI-03-0691-1996, syarat mutu bata beton (*paving block*) sebagai berikut :

1) Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan.

2) Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8 \%$.

3) Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Fisika *Paving block*

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

Sumber : Bata Beton (*Paving block*), SNI 03-0691-1996

3.3 BAHAN PEMBUATAN *PAVING BLOCK*

Kualitas dan mutu *paving block* ditentukan oleh bahan dasar, bahan tambahan, proses pembuatan, dan alat yang digunakan. Semakin baik mutu bahan bakunya, komposisi perbandingan campuran yang direncanakan dengan baik, proses pencetakan dan pembuatan yang dilakukan dengan baik akan menghasilkan *paving block* yang berkualitas baik pula.

Bahan-bahan pokok *paving block* adalah semen, pasir, air dalam proporsi tertentu. Tetapi ada juga *paving block* yang memakai bahan tambahan misalnya, kapur,

gips, tras, abu layang, tumbukan batu-bata, limbah industri dan lain-lain. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *paving block* adalah sebagai berikut:

3.3.1 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan. Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian, yaitu: trikalsium silikat (C_3S), dikalsiumsilikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), dan unsur lainnya dalam jumlah kecil misalnya: MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau Potasium (Na_2 dan K_2O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Widodo, 2007 dalam Sugiarti, 2015).

Fungsi semen Portland adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Perbedaan sifat jenis semen satu dengan yang lainnya dapat terjadi karena perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butir-butirnya.

Perubahan komposisi semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakainya. Standar Industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI) mengenal 5 jenis semen, yaitu:

1. Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
2. Jenis II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi rendah.
3. Jenis III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah.
5. Jenis V, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat yang sangat baik.

3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus sering disebut dengan pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian maupun hasil pemecahan. Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat dengan besar butir kurang dari 4,80 mm. Agregat halus mempunyai peran penting sebagai pembentuk beton dalam pengendalian *workability*, kekuatan (*strength*), dan keawetan beton (*durability*). Pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang telah ditentukan.

Syarat-syarat agregat halus (pasir) sebagai bahan material pembuatan beton sesuai dengan ASTM C 33 adalah sebagai berikut:

1. Material dari bahan alami dengan kekasaran permukaan yang optimal sehingga kuat tekan beton besar.
2. Butiran tajam, keras, awet (*durable*) dan tidak bereaksi dengan material beton lainnya.
3. Berat jenis agregat tinggi yang berarti agregat padat sehingga beton yang dihasilkan padat dan awet.
4. Gradasi sesuai spesifikasi dan hindari *gap graded aggregate* karena akan membutuhkan semen lebih banyak untuk mengisi rongga.
5. Bentuk yang baik adalah bulat, karena akan saling mengisi rongga dan jika ada bentuk yang pipih dan lonjong dibatasi maksimal 15% berat total agregat.

Pemeriksaan agregat halus perlu dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan dan juga dilakukan untuk mengetahui apakah agregat halus ini memenuhi persyaratan atau tidak. Hasil pemeriksaan ini juga dapat digunakan sebagai data rencana adukan beton yang akan digunakan dalam pembuatan *paving block*.

Pemeriksaan agregat halus meliputi:

1. Kadar Lumpur

Pengujian kandungan lumpur bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur dalam pasir. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Yang dimaksud lumpur adalah bagian yang lolos saringan 200 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.

2. Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian berat jenis agregat halus dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam agregat halus/pasir.

3. Gradasi Pasir atau Modulus Halus Butir Agregat

Gradasi pasir adalah distribusi ukuran butir pasir. Bila butir-butir pasir mempunyai ukuran yang sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi lebih sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi. Untuk menyatakan gradasi pasir, dipakai nilai presentase berat butiran yang tertinggal atau lewat dalam susunan ayakan. Susunan ayakan pasir yang dipakai adalah 9,60; 4,80; 2,40; 1,20; 0,60; 0,30; dan 0,15 mm. Hasil yang diperoleh dari pemeriksaan gradasi pasir berupa modulus halus butir (mhb) dan tingkat kekasaran pasir. Mhb menunjukkan ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat yang dihitung dari jumlah persentase kumulatif butiran yang tertahan dibagi 100. Semakin kecil nilai mhb menunjukkan semakin halus atau kecil butir-butir agregatnya. Pada umumnya nilai mhb pasir berkisar antara 1,5 - 3,8 (Sukron, 2012). SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran pasir dapat dibagi menjadi empat daerah atau zona, yaitu zona I (kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus) dan zona IV (halus), sebagaimana tampak pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Batas-batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Berat Butir yang Lolos Saringan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,60	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	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan:

Zona I = Pasir Kasar

Zona II = Pasir Agak Kasar

Zona III = Pasir Agak Halus

Zona IV = Pasir Halus

3.3.3 Air

Dalam suatu pencampuran agregat dengan semen, air berfungsi sebagai reaktor untuk keduanya agar dapat bereaksi dan saling mengikat. Selain itu air juga berfungsi sebagai pelumas agregat untuk lebih mudah bergerak dan menyatu antar butir-butir agregat.

Faktor air semen (FAS) sangat berpengaruh dalam proses pembuatan beton dan juga kualitas beton. Nilai fas ini merupakan perbandingan berat air dengan berat semen, semakin kecil nilai fas akan mengakibatkan beton segar sulit dikerjakan tanpa bahan tambah sedangkan jika kelebihan air mengakibatkan kualitas beton menjadi menurun. Untuk bereaksi dengan semen, diperlukan air sekitar 0,30 kali berat semen, namun kenyataannya jika dipakai nilai fas kurang dari 0,35 adukan mortar atau beton menjadi sulit dikerjakan, sehingga umumnya berat air lebih dari 0,35 berat semen. Adanya kelebihan air berfungsi sebagai pelumas, terlalu sedikit air menyebabkan proses pembuatan campuran sulit dikerjakan, sedangkan bila terlalu banyak air menyebabkan kekuatan beton banyak berkurang serta terjadi penyusutan yang besar setelah campuran mengeras (Murdock, 1991 dalam Sukron, 2012). Namun pada pembuatan *paving block*, fas yang biasa digunakan adalah 0,2-0,35 dari berat semen. Karena jika terlalu encer maka akan susah dalam pencetakan *paving block*.

Menurut SNI 03-2847-2002 ada beberapa persyaratan penggunaan air untuk beton, persyaratan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang tertanam di dalamnya logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama,
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

3.3.4 Abu Tempurung Kelapa sebagai Pozzolan

Menurut Rudi (2010) pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina, dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida (senyawa hasil reaksi antara semen dan air) pada suhu biasa, membentuk senyawa yang memiliki sifat-sifat seperti semen (kalsium silikat dan kalsium aluminat hidrat). Pozzolan dibagi menjadi 2 macam yaitu :

1. Pozzolan alam (Natural pozzolan), yaitu pozzolan yang terdapat di alam, seperti abu vulkanis (pumice), tanah diatomae dan tufa.
2. Pozzolan buatan (Sintetis pozzolan), yaitu pozzolan yang didapat dari hasil pembakaran tanah liat, pembakaran batu bara berupa abu terbang (fly ash), silika fume dan abu sekam.

Menurut Tjokrodimuljo (1998) dalam Zhafirin (2012) bila pozzolan dipakai sebagai bahan tambah akan menjadikan beton lebih mudah diaduk, lebih rapat air dan lebih tahan terhadap serangan kimia. Pozzolan dapat mengurangi pemuai beton yang terjadi akibat proses reaksi alkali-agregat (reaksi alkali dalam semen dengan silika dalam agregat), dengan demikian penambahan pozzolan dapat mengurangi retak-retak beton akibat reaksi tersebut.

Tempurung kelapa mempunyai fungsi secara biologis adalah pelindung bagian inti buah dan terletak dibagian dalam setelah sabut. Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil, dan berbagai mineral. Kandungan bahan-bahan tersebut beragam sesuai dengan jenis kelapanya. Struktur yang keras disebabkan oleh silikat (SiO_2) yang cukup tinggi kadarnya pada tempurung kelapa. Berat tempurung kelapa sekitar 15-19% dari berat keseluruhan buah kelapa. Dari uji FT-IR yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Setelah dianalisis didapatkan hasil uji sebagai berikut:

Tabel 3.3 Senyawa Abu Tempurung Kelapa

No.	Senyawa dalam abu tempurung kelapa
1	Silika
2	Klorid
3	Karbondioksida
4	Sulfidadioksida
5	Air

Sumber: Hasil Penelitian Di Laboratorium FMIPA UII, (2011) Dalam Zhafirin (2012)

3.4 KUAT TEKAN *PAVING BLOCK*

Kuat tekan *paving block* adalah besaran beban yang mampu ditahan per satuan luas sebuah *paving block* sehingga *paving block* tersebut hancur akibat gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan/kuat desak *paving block* (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan *paving block* diantaranya:

a. Faktor air semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat Antara air dengan semen dalam suatu campuran beton. Dalam pencampuran terdapat nilai fas yang optimum, terlalu sedikit (kecil) nilai fas-nya berakibat semen bereaksi kurang sempurna sehingga daya ikatnya menjadi berkurang. Kurang sempurnanya reaksi maupun kurang padatnya adukan beton mengakibatkan beton yang terjadi lemah dan berongga sehingga berakibat kekuatan beton berkurang. Sedangkan jika nilai fas yang berlebihan bisa mengakibatkan sulit dalam pencetakan *paving block*, berkurangnya ketahanan abrasi, kekuatan tarik dan tekan. Fas yang umum digunakan ialah 0,35 dari berat semen (Tjokrodimuljo, 1992 dalam Sukron, 2012).

b. Umur beton

Umur beton berbanding lurus dengan kuat tekan beton. Berdasarkan penelitian umur beton untuk mencapai kuat desak maksimumnya adalah 28 hari, namun umur ini dapat bervariasi (lebih atau kurang dari 28 hari) yang disebabkan oleh jenis material atau bahan tambah dari suatu campuran. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton juga dipengaruhi oleh faktor air semen dan suhu perawatan. Semakin tinggi faktor air semen semakin lambat kenaikan kekuatannya, dan semakin tinggi suhu perawatan semakin cepat kenaikan kekuatannya.

c. Jumlah semen

Semen berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat yang terdapat dalam suatu campuran. Semen ditambah air bereaksi menjadi pasta, semakin sedikit pasta maka berakibat banyak rongga antar agregat sehingga daya ikatnya menjadi berkurang. Hal ini berakibat kuat tekan beton menjadi rendah.

d. Jenis semen

Semen Portland dalam pembuatan beton terdiri dari beberapa jenis. Masing-masing jenis semen Portland mempunyai sifat tertentu, misalnya cepat mengeras dan sebagainya, sehingga mempengaruhi pula terhadap kuat tekan betonnya (Tjokrodinuljo, 2004 dalam Fitalaka, 2015).

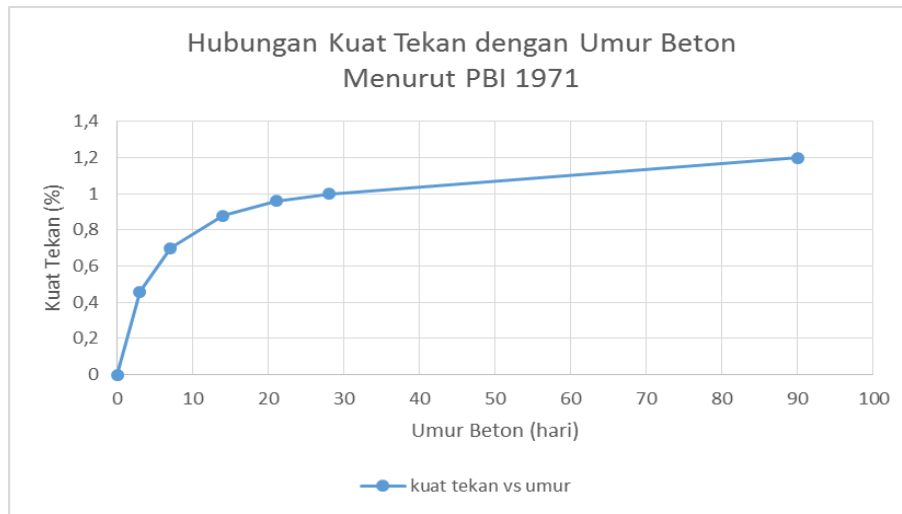
e. Sifat agregat

Agregat terdiri dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton adalah sebagai berikut:

1. Kekerasan permukaan, karena permukaan agregat yang kasar dan tidak licin membuat rekatan antara permukaan agregat dan pasta semen lebih kuat dari pada permukaan agregat yang halus dan licin.
2. Bentuk agregat, karena bentuk agregat yang bersudut misalnya pada batu pecah, membuat butir-butir agregat itu sendiri yang mengunci dan sulit digeserkan, berbeda dengan batu kerikil yang bulat. Oleh karena itu, beton yang dibuat dari batu pecah lebih kuat dari pada kerikil.
3. Kuat tekan agregat, karena sekitar 70% volume beton terisi oleh agregat, sehingga kuat tekan beton didominasi oleh kuat tekan agregat. Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan rendah maka akan diperoleh beton yang kuat tekannya rendah.

Karakteristik Uji Desak berdasarkan umur pengujian

Kuat tekan beton merupakan faktor yang utama dan penting untuk diperhatikan di dalam pelaksanaan pengecoran. Kekuatan beton akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya umur beton. Pada umur awal, kenaikan mutu beton akan naik secara signifikan, tetapi akan berangsur-angsur mengecil setelah umur 28 hari. Rata-rata beton mencapai kekuatan tekan karakteristik rencananya pada umur 28 hari. Pada umur tersebut kuat tekan karakteristik beton mencapai kekuatan rencananya. Biasanya umur yang digunakan dalam perencanaan adalah umur 28 hari. Dibawah ini adalah grafik hubungan antara umur beton dengan faktor kuat tekannya menurut peraturan beton (PBI 1971)



Gambar 3.1 Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton

(Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971)

3.5 DAYA SERAP AIR *PAVING BLOCK*

Daya serap air *paving block* adalah persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Hasil ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* kering dan basah (setelah perendaman didalam air). Berat *paving block* kering didapatkan dari pengovenan benda uji pada suhu ± 105°C dalam waktu 24 jam.

Dari percobaan maka didapatkan berat basah dan berat kering *paving block* sehingga daya serap air dapat dicari berdasarkan SNI 03-0691-1996 seperti pada persamaan berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A - B}{B} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

A = berat bata beton basah

B = berat bata beton kering

Menurut SNI 03-0691-1996 mutu *paving block* ditinjau dari daya serap air dibagi menjadi 4 bagian, seperti pada Tabel 3.4 di bawah ini:

Tabel 3.4 Standart Daya Serap Air Untuk *Paving block*

Mutu	Serapan Air Maksimum (%)
A	3
B	6
C	8
D	10

3.6 MIX DESIGN

Untuk perbandingan campuran yang digunakan dalam pembuatan *paving block* belum ada standar tetap yang diberlakukan di Indonesia. Menurut Shackel (1990) dalam Sukron (2012) berdasarkan penelitiannya yang digunakan sebagai standar di Amerika, untuk *paving block* dengan ketebalan 60 mm digunakan komposisi campuran 1 : 6 dan untuk ketebalan 80mm digunakan komposisi 1 : 5,5. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,35 dari berat semen, nilai tersebut lebih kecil dari fas yang digunakan dalam pencampuran atau *mix design* 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 cetaknya.

3.7 HARGA POKOK PRODUKSI

Perhitungan harga pokok produksi sangat mempengaruhi penetapan harga jual suatu produk sekaligus penetapan laba yang diinginkan. Dengan demikian ketepatan dalam melakukan perhitungan harga pokok produksi benar-benar diperhatikan karena apabila terjadi kesalahan dalam perhitungan akan menyebabkan kerugian bagi perusahaan industri. Penentuan harga pokok produksi memegang peran yang sangat penting dalam perusahaan industri. Salah satu kegunaan dan penentuan harga pokok produksi adalah untuk menentukan nilai harga jual. Harga jual produk akan mempengaruhi laba yang diharapkan perusahaan industri, juga kemampuan bersaing produk sejenis yang dihasilkan perusahaan industri lain.

1. Pengertian harga pokok produksi menurut beberapa ahli yaitu:
 - a. Mulyadi (2007), harga pokok produksi adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk memperoleh penghasilan.
 - b. Hansen dan Mowen (2006), harga pokok produksi adalah jumlah biaya barang yang diselesaikan selama periode berjalan. Biaya yang hanya dibebankan ke barang yang diselesaikan adalah biaya produksi dari bahan baku langsung, tenaga kerja langsung dan biaya overhead.
 - c. Bastian, dkk (2007), harga pokok produksi adalah kumpulan biaya produksi yang terdiri dari bahan baku langsung, tenaga kerja langsung dan biaya overhead pabrik ditambah persediaan produk dalam proses awal dan dikurang persediaan produk dalam proses akhir.

Berdasarkan pengertian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa harga pokok produksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk memproduksi suatu produk pada waktu tertentu yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya overhead pabrik.

2. Penjelasan mengenai unsur-unsur harga pokok produksi adalah sebagai berikut:

- a. Biaya Bahan Baku

Biaya bahan baku adalah semua biaya bahan yang dapat dimasukkan langsung dalam kalkulasi biaya produk, seperti biaya alat bangunan, biaya alat, biaya perawatan alat, biaya papan dasar, dan biaya material yang digunakan.

- b. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang memiliki kinerja langsung terhadap proses pengolahan produk, baik menggunakan kemampuan fisiknya maupun dengan bantuan mesin. Biaya tenaga kerja langsung adalah upah yang diperoleh pekerja untuk mengubah bahan dari keadaan mentah menjadi produk jadi. Sebagai contoh, upah yang dibayarkan kepada pekerja pabrik *paving block*.

- c. Biaya Overhead Pabrik

Biaya overhead pabrik disebut juga biaya produk tidak langsung, yaitu biaya yang mencakup semua biaya produksi selain biaya bahan langsung dan

biaya tenaga kerja langsung. Penekanannya disini adalah pada istilah biaya produksi seperti biaya konsumsi, biaya THR, biaya pengiriman dan margin keuntungan.

3. Harga pokok produksi mempunyai fungsi sebagai berikut:

a. Harga pokok sebagai penetapan harga jual.

Harga pokok merupakan hal penting yang perlu diketahui oleh perusahaan karena harga pokok dapat memberikan pengaruh terhadap penentuan harga jual produk tertentu.

b. Harga pokok sebagai dasar penetapan laba.

Apabila perusahaan telah membuat perhitungan harga pokok maka perusahaan dapat menetapkan laba yang diharapkan yang akan mempengaruhi tingkat harga jual suatu produk tertentu.

c. Harga pokok sebagai dasar penilaian efisiensi.

Harga pokok dapat dijadikan dasar untuk mengontrol pemakaian bahan, upah dan biaya produksi tidak langsung. Hal ini dapat dilakukan dengan menetapkan harga pokok standar terlebih dahulu dan kemudian membandingkan dengan harga pokok yang aktual atau yang sebenarnya terjadi. Apakah terdapat selisih antara perhitungan kedua harga pokok tersebut, apabila ada selisih negatif berarti proses produksi yang dilaksanakan belum efisien dan perusahaan perlu mengetahui penyebab terjadinya selisih tersebut, sehingga dapat diambil tindakan koreksi untuk memperbaiki kesalahan tersebut sedangkan bila ada selisih positif maka perlu ditelusuri terlebih lanjut atas selisih tersebut apakah karena perusahaan telah menjalankan proses produksi secara efisien atau perhitungan harga pokok standar yang kurang tepat.

d. Harga pokok sebagai dasar pengambilan berbagai keputusan manajemen.

Harga pokok merupakan suatu pedoman penting sekaligus sebagai suatu dasar untuk pengambilan keputusan khusus perusahaan, misalnya:

- 1) Menetapkan perubahan harga penjualan.
- 2) Menetapkan penyesuaian proses produksi.
- 3) Menetapkan strategi persaingan di pasaran luas.

- 4) Merencanakan ekspansi perusahaan.
- 5) 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.

3.8 RENCANA ANGGARAN BIAYA *PAVING BLOCK*

Dalam penelitian pembuatan *paving block* ini menggunakan bahan susun seperti, pasir, semen, dan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah. Ditinjau dari beberapa sumber maka diperoleh harga satuan bahan dan harga satuan upah pekerja pembuatan *paving block* sebagai berikut:

Tabel 3.5 Daftar harga satuan bahan pembuatan *paving block*

No	Macam Bahan	Harga Bahan	Satuan
1	Pasir	Rp. 125.000,-	m ³
2	Semen	Rp. 40.000,-	40kg
3	Abu Tempurung Kelapa	Rp. 850,-	kg

Tabel 3.6 Daftar harga satuan upah pekerja pembuatan *paving block*

No	Macam Tenaga	Harga Satuan	Satuan
1	Pekerja	Rp. 2000,-	1 papan

Keterangan:

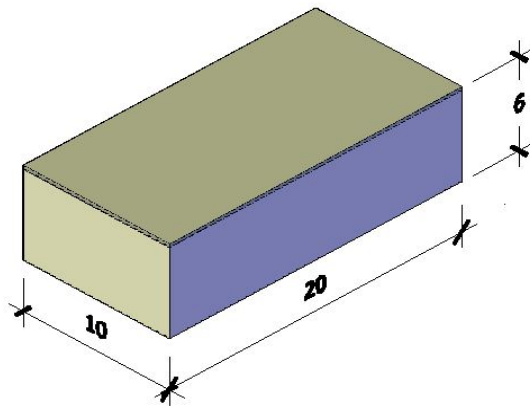
Isi *paving block* / papan adalah 12 *paving block*

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 TINJAUAN UMUM

Objek penelitian ini adalah *paving block* dengan bahan tambahan abu tempurung kelapa. Dalam penelitian ini benda uji *paving block* yang dibuat berjenis holand atau bentuk segi empat dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm seperti pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1 Dimensi *Paving block*

Pada bagian permukaan *paving block* diberi lapisan permukaan dengan komposisi campuran yang sama yaitu 1 : 6 untuk semen dan pasir, yang membedakan adalah ukuran agregatnya. Ketebalan lapisan permukaan hanya berkisar ± 1 mm, pada bagian permukaan (kepala), agregat yang digunakan adalah pasir yang lolos saringan 2 mm. Sedangkan untuk bagian badan (kaki) menggunakan pasir yang lolos ayakan dengan diameter 4,75 mm.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan untuk mengetahui berapa banyak abu tempurung kelapa yang dapat ditambahkan pada pembuatan *paving block* sesuai dengan standar SNI 03-0691-1996. Adapun prosedur standar pelaksanaan dan pengujian pada penelitian ini menggunakan

Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.1.1 Tempat Penelitian

Pelaksanaan pembuatan benda uji *paving block* di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi dan Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang Km 14,5 Sleman Yogyakarta.

4.1.2 Komposisi Bahan Susun

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan bahan abu sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block*. Penelitian ini menggunakan campuran dengan perbandingan berat 1pc : 6ps, sedangkan untuk kebutuhan abu tempurung kelapa menggunakan perbandingan terhadap berat semen. Kandungan air keseluruhan pada campuran *paving block* menggunakan rasio antara semen dan air sebesar 0,35. Material lain pada komposisi campuran dengan kondisi jenuh kering muka dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Komposisi Campuran pada *Paving block*

Variasi	Komposisi Berat Campuran Setiap Variasi			
	PC	Pasir	Abu Tempurung Kelapa	Air
I	1	6	0	0,35
II	1	6	0,025	0,35
III	1	6	0,05	0,35
IV	1	6	0,075	0,35
V	1	6	0,1	0,35

Paving block dibuat sesuai dengan ukuran SNI di pasaran yaitu panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tebal sekitar 6 cm. Jumlah perulangan dari masing-masing komposisi adalah 4 buah untuk pengujian kuat tekan dan 4 buah untuk pengujian penyerapan air, sehingga jumlah benda uji yang digunakan yaitu 40 buah. Selain

itu dilakukan pembelian *paving block* SNI yang ada di pasaran sebagai pembanding sebanyak 4 buah.

Tabel 4.2 Jumlah Benda Uji

Komposisi	Jumlah Sampel <i>Paving Block</i>	
	Uji Kuat Tekan	Penyerapan Air
1 PC : 6 Ps : 0 Ab	4	4
1 PC : 6 Ps : 0,025 Ab	4	4
1 PC : 6 Ps : 0,05 Ab	4	4
1 PC : 6 Ps : 0,075 Ab	4	4
1 PC : 6 Ps : 0,1 Ab	4	4

Keterangan:

PC = Portland Semen

Ps = Pasir

Ab = Abu

4.2 ALAT DAN BAHAN

4.2.1 Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Cetakan *paving block* holand dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm³

Cetakan *paving block* yang digunakan terbuat dari bahan besi dengan ukuran sekitar 70 cm x 90 cm. Pada satu cetakan tersebut dapat mencetak 12 *paving block* jenis holand dalam sekali cetak. Cetakan ini terdiri dari 2 bagian, yaitu bagian *stempel* dan bagian *form*. Bagian *stempel* berfungsi sebagai ujung penekanan pada mesin dan memberikan bentuk pada permukaan *paving block* pada saat pencetakan. Sedangkan bagian *form* berfungsi untuk memberikan bentuk pada sisi-sisi *paving block*. Keduanya harus presisi agar dapat menghasilkan *paving block* sesuai bentuk yang diinginkan dan meminimalkan kerusakan *paving*

block pada saat pencetakan. Bentuk cetakan yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Cetakan *Paving Block*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Mesin pres *paving block*

Mesin pres yang digunakan adalah mesin pres yang dioperasikan dengan system hidrolik dan dilengkapi vibrator (penggetar). Sistem hidrolik digunakan untuk mengangkat cetakan dan memberikan tekanan (pemadatan) pada saat pencetakan. Sedangkan vibrator yang diletakkan dibawah meja mesin berfungsi untuk menggerakkan butir-butir campuran yang sudah dimasukkan pada cetakan sehingga bergerak mengisi celah-celah yang masih kosong. Hal ini dilakukan agar sebelum proses penekanan campuran sudah pada keadaan padat di dalam cetakan. Pada Gambar 4.3 berikut adalah mesin pres yang digunakan.



Gambar 4.3 Mesin Pres *Paving Block*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Mixer (alat pengaduk campuran)

Mixer yang digunakan adalah mixer dengan diameter 1,5 m yang biasa digunakan untuk mencampur adonan beton pada pembuatan *paving block*. Kapasitas alat ini mampu mencampur campuran sekitar 100 buah *paving block* tipe holand dalam sekali proses (10-15 menit). Sistem kerja alat ini yang bergerak memutar adalah bagian pengaduknya, sehingga bagian wadah (bucket) statis tidak bergerak. Bagian pengaduk yang berporos pada titik tengah bucket bergerak memutar seperti jarum jam digerakkan dengan motor listrik (dinamo), dengan demikian pasir, semen dan air yang telah dimasukkan ke dalam mixer dapat tercampur dengan merata.

4. Saringan / Ayakan

Saringan yang digunakan ada beberapa macam. Untuk pembuatan benda uji menggunakan saringan dengan diameter 4,75 mm untuk agregat halus dan saringan no. 50 untuk menyaring abu tempurung kelapa. Sedangkan untuk pengujian gradasi pasir menggunakan satu set saringan dari 3/8" sampai saringan no. 100. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.

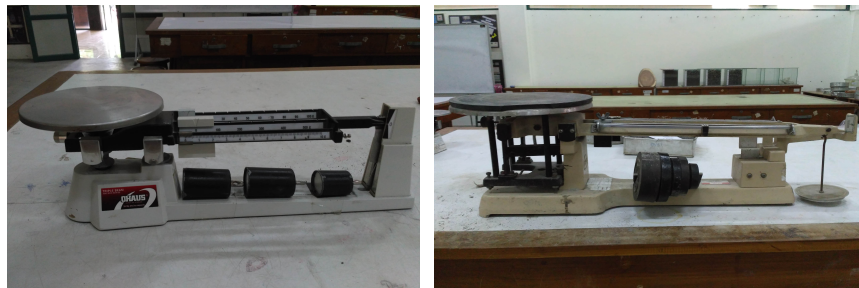


Gambar 4.4 Ayakan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Timbangan

Untuk berbagai kepentingan, pada penelitian ini menggunakan 2 macam timbangan dengan ketelitian yang berbeda. Yang pertama timbangan merk Kain Chung dengan ketelitian 0,1 kg dan yang kedua timbangan dengan ketelitian 1 gram, seperti pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Timbangan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

6. Cetok

Cetok memiliki berbagai macam bentuk, seperti oval dan kerucut. Cetok digunakan untuk mengambil, memindahkan dan mencampur bahan penyusun *paving block*. Cetok juga digunakan untuk memasukkan dan

meratakan mortar yang dimasukkan pada cetakan *paving block*. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6 Cetok

Sumber: Dokumentasi Pribadi

7. Gelas Ukur (*Piknometer*)

Gelas ukur diperlukan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan pada proses pencampuran bahan *paving block*, gelas ukur yang digunakan mempunyai kapasitas 500 ml, seperti pada Gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 *Piknometer*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

8. Oven

Oven yang digunakan bermerk Heracus dengan kapasitas panas sampai 250° C. Alat ini digunakan untuk mengeringkan benda uji untuk pengujian daya serap air. Untuk oven yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Oven

Sumber: Dokumentasi Pribadi

9. Alat uji kuat tekan

Alat uji kuat desak menggunakan alat uji kuat tekan digital dengan merk Ele tipe AD R3000 dengan kapasitas tekan 2000 kN. Alat ini bekerja dengan menggunakan system hidrolis dan dilengkapi komputer yang memproses data lalu menampilkan hasil pembebanan maksimalnya di layar monitor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Alat Uji Kuat Tekan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

10. Peralatan pendukung

Peralatan pendukung yang lain, seperti ember, sikat, penggaris, perekat, karung, selang dan bak perendaman.

4.2.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan *paving block* dalam penelitian ini adalah:

1. Semen Portland

Benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini menggunakan Semen Portland merk Tiga Roda kemasan 40 kg. Dari kemasan diambil atau ditakar sesuai perhitungan berat semen yang digunakan pada setiap variasinya.

2. Agregat Halus

Benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini menggunakan pasir yang berasal dari kali gendol merapi. Pasir yang digunakan sudah diayak dengan ayakan berdiameter 0,5 cm.

3. Air

Air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air yang tidak berwarna atau jernih, tidak berbau, dan tidak mengandung benda-benda asing yang dapat dilihat secara kasat mata. Air yang digunakan yaitu air yang berasal dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK), Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4. Abu Tempurung Kelapa

Abu tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari proses pembakaran tempurung kelapa yang dilakukan oleh salah satu industri pembuatan arang tempurung kelapa. Abu tempurung kelapa yang digunakan berwarna hitam keabu-abuaan, dan telah lolos saringan no. 50.

4.3 TAHAP PELAKSANAAN PENELITIAN

Terdapat langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian ini, berikut tahapan-tahapannya: tahap persiapan bahan, pencampuran bahan, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengujian benda uji.

4.3.1 Tahap persiapan bahan

Dalam tahap ini yang dilakukan adalah mempersiapkan bahan-bahan penyusun *paving block* yang diantaranya, mempersiapkan pasir agregat halus yang lolos ayakan berdiameter 1 cm, semen serta abu tempurung kelapa yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block*. Penelitian pada tahap ini meliputi:

1. Uji Saringan (Gradasi Pasir)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui variasi diameter butiran pasir dan modulus halus butir (MHB) pasir.

a. Alat Pengujian

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Satu set saringan 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm
- 3) Alat pemisah pasir
- 4) Mesin penggetar saringan
- 5) Talam
- 6) Kuas
- 7) Sikat kuningan
- 8) Sendok

b. Bahan Pengujian

- Pasir sebanyak 1 kg

c. Langkah-langkah pemeriksaan gradasi pasir adalah sebagai berikut:

- 1) Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 115^{\circ}$ C sampai beratnya tetap.
- 2) Pasir dikeluarkan dari dalam oven kemudian dinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
- 3) Ayakan disusun sesuai dengan urutannya, ukuran terbesar diletakkan paling atas yaitu: 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm.
- 4) Pasir dimasukkan ke dalam saringan paling atas kemudian tutup. Jepit susunan saringan tersebut, kemudian hidupkan mesin penggetar

selama 10 menit, kemudian diamkan 5 menit agar pasir tersebut mengendap.

- 5) Pasir yang tertinggal dalam masing-masing ayakan ditimbang beserta wadahnya.
- 6) Dihitung berat pasir yang tertahan pada masing-masing ayakan.
- 7) Gradasi pasir diperoleh dengan menghitung jumlah komulatif persentase butir-butir pasir yang lolos pada masing-masing ayakan. Nilai modulus halus butir pasir dihitung dengan menjumlahkan persentase komulatif butir yang tertinggal kemudian dibagi seratus.

d. Perhitungan

Berikut rumus yang digunakan dalam pengujian ini:

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Berat Tertinggal Komulatif}}{100} \dots\dots\dots (4.1)$$

2. Pengujian Berat Jenis Pasir

Pengujian berat jenis pasir dimaksudkan untuk pedoman saat pengujian dalam menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu dan angka penyerapan air dalam pasir.

a. Alat Pengujian

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Piknometer
- 3) Kerucut terpancung dan Batang penumbuk
- 4) Saringan no 4 (4,75 mm)
- 5) Oven
- 6) Thermometer
- 7) Talam
- 8) Bejana tempat air
- 9) Desikator

b. Bahan Pengujian

- 1) Pasir dalam keadaan SSD
- 2) Air

- c. Langkah-langkah pengujian berat jenis pasir adalah sebagai berikut:
- 1) Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 115^{\circ}$ C sampai beratnya tetap, pasir didinginkan dalam suhu ruang kemudian pasir direndam selama 24 jam.
 - 2) Setelah 24 jam direndam air, kemudian air rendaman dibuang dengan hati-hati agar butiran pasir tidak ikut terbang. Pasir diletakkan diatas nampan dan diangin-anginkan sampai mencapai keadaan jenuh kering muka. Untuk pengujian kondisi jenuh kering muka dilakukan dengan memasukkan pasir pada kerucut terpancung dan dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 25 kali. Pada saat kerucut diangkat, pasir akan runtuh tetapi masih berbentuk kerucut.
 - 3) Pasir tersebut dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 500 gram kemudian masukkan air dalam piknometer hingga mencapai 90% isi piknometer atau sampai pada garis batas pada piknometer, putar dan guling-gulingkan piknometer sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.
 - 4) Air ditambahkan kedalam piknometer sampai penuh, kemudian timbang (Bt).
 - 5) Keluarkan pasir dan keringkan dalam oven dengan suhu 115° C sampai beratnya tetap lalu dinginkan. Kemudian pasir ditimbang (Bk).
 - 6) Piknometer dibersihkan, kemudian isi piknometer dengan air sampai pada tanda batas lalu ditimbang (B).

d. Perhitungan

Berikut rumus yang digunakan dalam pengujian ini:

$$1) \text{ Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$2) \text{ Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots(4.3)$$

$$3) \text{ Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \dots\dots\dots(4.4)$$

$$4) \text{ Penyerapan} = \frac{500 - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(4.5)$$

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)

3. Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur dalam pasir. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah agregat yang lolos saringan 200 mm. Bila kadar lumpur melebihi 5% maka pasir harus dicuci.

a. Alat Pengujian

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Saringan nomor 200
- 3) Cawan
- 4) Oven

b. Bahan Pengujian

- 1) Pasir dengan ukuran butiran maksimal 4,8 mm sebanyak 500 gram

c. Prosedur Pengujian

- 1) Masukkan pasir ke dalam oven hingga suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$
- 2) Tunggu sampai kering dan berat tetap kemudian timbang
- 3) Aliri pasir dengan air di atasnya
- 4) Ratakan pasir dengan air hingga bagian halus menembus saringan dan yang kasar tertinggal di saringan
- 5) Ulangi pekerjaan tersebut sampai air pencucian menjadi jernih
- 6) Keringkan agregat yang telah dicuci sampai berat tetap di suhu $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$
- 7) Timbang dengan ketelitian 0,1 gram

d. Perhitungan

Berikut rumus yang digunakan dalam pengujian ini:

$$\text{Berat yang lewat saringan no. 200} = \left\{ \frac{W_1 - W_2}{W_1} \right\} \times 100\% \dots\dots\dots (4.6)$$

Keterangan:

W1 = Berat pasir kering oven (gram)

W2 = Berat pasir kering setelah dicuci (gram)

4.3.2 Proses Pencampuran

Perbandingan volume semen : pasir adalah 1 : 6 dan nilai fas yang digunakan adalah 0,35 dari berat semen dengan variasi penambahan abu tempurung kelapa sebesar 0%; 2,5%; 5%; 7,5% dan 10%. Dalam proses ini meliputi penimbangan dan pencampuran bahan. Masing-masing bahan ditimbang sesuai dengan variasi komposisinya kemudian dicampur dengan menggunakan alat pencampur (mixer) selama 10 – 15 menit.

4.3.3 Proses Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan atau pencetakan benda uji dilakukan dengan mesin pres. Mesin yang digunakan adalah mesin dengan sistem hidrolik dilengkapi sistem vibrator yang biasa digunakan untuk proses produksi *paving block*. Bersamaan dengan itu pada saat pemadatan dilakukan penggetaran sehingga membantu pergerakan agregat untuk saling mengisi celah atau rongga yang ada pada sebuah *paving block*. Maka dengan metode demikian diharapkan memberikan hasil atau kekuatan yang sama pada proses pemadatan pada masing-masing benda uji dan memperkecil terjadinya human error.

Berikut ini adalah langkah-langkah pencetakan atau proses pembuatan benda uji *paving block* dengan menggunakan mesin pres getar:

1. Meletakkan alas (triplek tebal 2 mm) pada meja mesin.
2. Mengatur mesin pada posisi cetakan membuka (bagian stempel diatas bagian form) sehingga campuran bisa dimasukkan kedalam cetakan.
3. Masukkan campuran (kaki) ke dalam cetakan.
4. Menyalakan sistem getar pada mesin sekitar ± 10 detik.

5. Memenuhi kembali isi cetakan yang turun akibat penggetaran dengan campuran kepala
6. Menekan tuas pengepresan atau pemadatan sehingga bagian stempel turun dan melakukan proses pemadatan sambil sistem getar dijalankan.
7. Menekan tuas untuk mengangkat kedua bagian cetakan.

4.3.4 Proses Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan setelah satu hari dari pencetakan *paving block*. Pada umur 1 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 karung goni agar terjaga kelembabannya sampai *paving block* umur 21 hari. Hal ini dimaksudkan agar proses pengeringan dan pengerasan pada *paving block* berjalan dengan sempurna (untuk mencegah terjadinya retak-retak/pecah pada *paving block*).

4.3.5 Proses Pengujian *Paving block*

Pengujian *paving block* dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas *paving block* yang dihasilkan. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 21 hari. Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengujian Kuat Desak

Setelah umur *paving block* mencapai 21 hari pengujian kuat desak dapat dilakukan untuk mengetahui kuat desak *paving block*. Untuk mendapatkan nilai kuat desak maksimum, maka hasil pengujian *paving block* pada umur 21 hari selanjutnya di konversikan ke umur 28 hari. Angka konversi untuk umur 28 hari adalah 0,95, maka untuk mendapat nilai kuat desak maksimal hasil kuat desak 21 hari dikalikan dengan $1/0,95$. Langkah-langkah pengujian ini berdasarkan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut:

- a. Membersihkan permukaan benda uji yang telah diangin-anginkan selama satu hari dari kotoran yang menempel.
- b. Menimbang benda uji menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,5 gram.

- c. Mengukur dimensi benda uji menggunakan caliper atau jangka sorong.
- d. Meletakkan benda uji ditempat benda uji tepat di tengah pada alat uji.
- e. Menyalakan mesin dengan pemberian beban yang terus meningkat.
- f. Melakukan pembebanan sampai bebannya turun dan mencatat beban maksimum yang terjadi.

2. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengetahui besarnya kemampuan *paving block* untuk menyerap air melalui pori-porinya. Mengacu pada SNI 03-0691-1996 langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

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

4.4 HARGA POKOK PRODUKSI *PAVING BLOCK* DENGAN ABU TEMPURUNG KELAPA

4.4.1 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.

4.4.2 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,

4.4.3 Analisis Kelayakan Usaha *Paving block* dengan Abu Tempurung Kelapa

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

1. Studi Pustaka

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

2. Wawancara

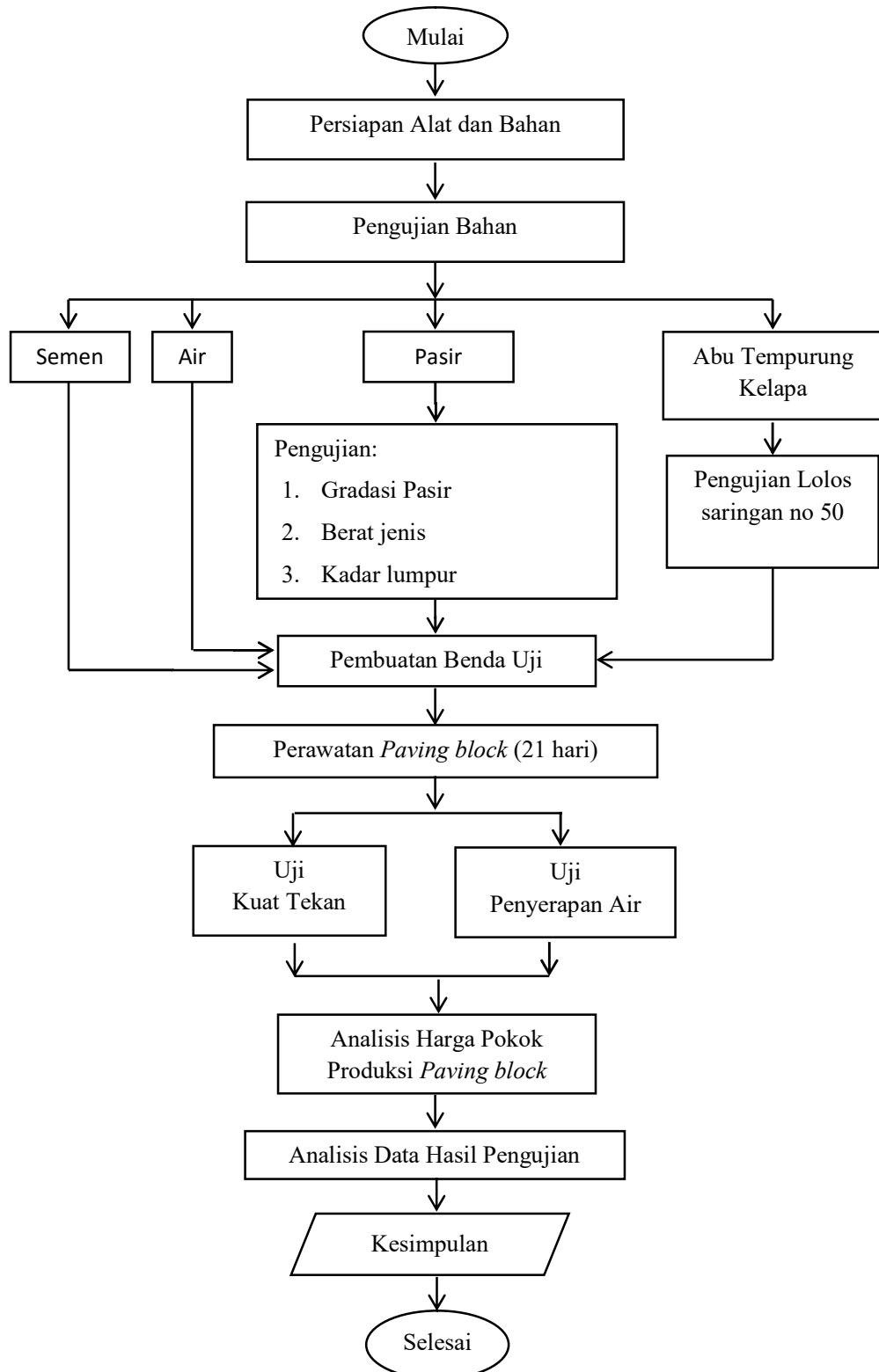
Dalam penelitian ini penulis mewawancarai pengusaha *paving block* sebagai data untuk menghitung harga pokok produksi.

3. Survei

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

4.5 BAGAN ALIR PENELITIAN

Dari uraian diatas dapat dibuat bagan alir (*flow chart*). Gambar 4.10 berikut adalah *flow chart* pelaksanaan penelitian pembuatan *paving block* dengan bahan tambah abu tempurung kelapa yang dimulai dari persiapan alat dan bahan, pengujian, sampai dengan kesimpulan dari penelitian.



Gambar 4.10 Bagan Alir (*Flow Chart*) Pelaksanaan Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 TINJAUAN UMUM

Pada bab ini akan menjelaskan hasil penelitian yang dilakukan selanjutnya, dimulai dari pemeriksaan bahan, pengujian sampel hingga pembahasan. Selanjutnya hasil pengujian sampel dianalisis mengenai besarnya kuat tekan, penyerapan air, dan harga pokok produksi. Pengujian dilakukan dengan variasi campuran untuk bahan material *paving block* dengan perbandingan sesuai dengan Tabel 4.1 Komposisi Campuran pada *Paving block*

5.2 PENGUJIAN KARAKTERISTIK BAHAN

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu pasir yang lolos saringan 4,80 mm dan bahan tambah abu tempurung kelapa lolos saringan 0,300 mm. Dalam pengujian karakteristik bahan yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis, pengujian kandungan lumpur, pengujian berat isi padat dan gembur, dan pengujian analisa saringan agregat halus. Khusus untuk abu tempurung kelapa, pengujian hanya dilakukan sebatas pengujian berat isi gembur.

5.2.1 Pengujian Berat Volume Gembur Abu Tempurung Kelapa

Pada pengujian ini berguna untuk mengetahui berat volume gembur abu tempurung kelapa. Metode pengujian yang dilakukan pada pengujian ini sama dengan pengujian berat isi gembur pada agregat halus. Hasil yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Abu Tempurung Kelapa

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat Tabung (gram)	5293	5287,3	5290,15
2.	Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (gram)	6185	6055	6120
3.	Berat Agregat (gram)	892	767,7	829,85

Lanjutan Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Isi Gembur Abu Tempurung Kelapa

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
4.	Volume Tabung (cm ³)	1763,82	1735,22	1749,52
5.	Berat Volume Gembur	0,51	0,44	0,475

5.2.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Dalam penelitian ini digunakan pasir lolos saringan 4,80 mm yang berfungsi sebagai agregat dalam pembuatan *paving block*. Pasir yang digunakan diperoleh dari sungai Gendol Merapi. Hasil pemeriksaan ini disajikan pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir Halus

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat Pasir Kering Mutlak (gram)	467,7	464,7	466,2
2.	Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka (SSD) (gram)	500	500	500
3.	Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air (gram)	1019,6	1020,4	1020
4.	Berat Piknometer Berisi Air (gram)	705,8	705,8	705,8
5.	Berat Jenis Curah (gram/cm ³)	2,51	2,51	2,51
6.	Berat Jenis Jenuh Kering Muka (gram/cm ³)	2,69	2,70	2,69
7.	Berat Jenis Semu (gram/cm ³)	3,04	3,09	3,06
8.	Penyerapan Air (%)	6,91	7,60	7,26

Keterangan:

500 = Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

Pada Tabel 5.2 dapat dilihat hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada pasir. Berdasarkan pengujian berat jenis diatas didapatkan berat jenis curah rerata sebesar 2,51 gram/cm³, berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,69 gram/cm³, berat jenis semu sebesar 3,06 gram/cm³. Berdasarkan pengujian penyerapan air pada agregat halus didapatkan persentase penyerapan air sebesar

7,26 %. Dari hasil pengujian berat jenis tersebut, didapatkan angka berat jenis jenuh kering permukaan 2,69 gram/cm³. Angka tersebut memenuhi persyaratan berat jenis normal agregat halus 2,5 – 2,8.

5.2.3 Pengujian Kandungan Lumpur dalam Pasir

Pada pengujian ini juga menggunakan pasir lolos saringan 4,8 mm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar lumpur dalam pasir yang akan digunakan dalam pembuatan *paving block*. Kadar lumpur dalam pasir tidak boleh melampaui 5%. Hasil yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kandungan Lumpur

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat Pasir Kering Oven (gram)	500	500	500
2.	Berat Pasir Kering Oven Setelah Dicuci (gram)	480,3	479,8	480,05
3.	Persentase Lolos Ayakan No. 200	3,94	4,04	3,99

Dari Tabel 5.3 didapatkan hasil pengujian kandungan lumpur sebesar 3,99%, angka tersebut memenuhi persyaratan persentase kandungan lumpur agregat halus yaitu < 5%.

5.2.4 Pengujian Berat Volume Padat dan Gembur Pasir

Pada pengujian ini berguna untuk mengetahui berat volume pasir pada kondisi padat dan gembur. Hasil yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 5.4 dan 5.5.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Volume Gembur Pasir

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat Tabung (gram)	12500	10805	11652,50
2.	Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (gram)	20980	19435	20207,50
3.	Berat Agregat (gram)	8480	8630	8555,00
4.	Volume Tabung (cm ³)	5340,38	5301,43	5320,91
5.	Berat Volume Gembur	1,59	1,63	1,61

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Berat Volume Padat Pasir

No.	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat Tabung (gram)	12500	10805	11652,50
2.	Berat Tabung + Agregat Kering Tungku (gram)	22235	20560	21397,50
3.	Berat Agregat (gram)	9735	9755	9745,00
4.	Volume Tabung (cm ³)	5340,38	5301,43	5320,91
5.	Berat Volume Gembur	1,82	1,84	1,83

5.2.5 Pengujian Gradasi Pasir atau Modulus Halus Butir Agregat

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gradasi material dari pasir yang digunakan sebagai agregat yang akan digunakan dalam *paving block*. Pengujian ini berguna untuk mengetahui agregat yang digunakan pada daerah (golongan) tertentu. Dari hasil pemeriksaan ini diperoleh data pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Pengujian Gradasi Material Pasir

Nomor Saringan	Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
3/8"	10,00	0,0	0,00	0,00	100,00
4	4,80	2,8	0,14	0,14	99,86
8	2,40	73,7	3,71	3,85	96,15
16	1,20	296,6	14,92	18,76	81,24
30	0,60	452,8	22,77	41,53	58,47
50	0,30	402,2	20,23	61,76	38,24
100	0,15	396,3	19,93	81,69	18,31
	Sisa	364,1	18,31	100,00	0,00
	Jumlah	1988,5	100,00	307,73	

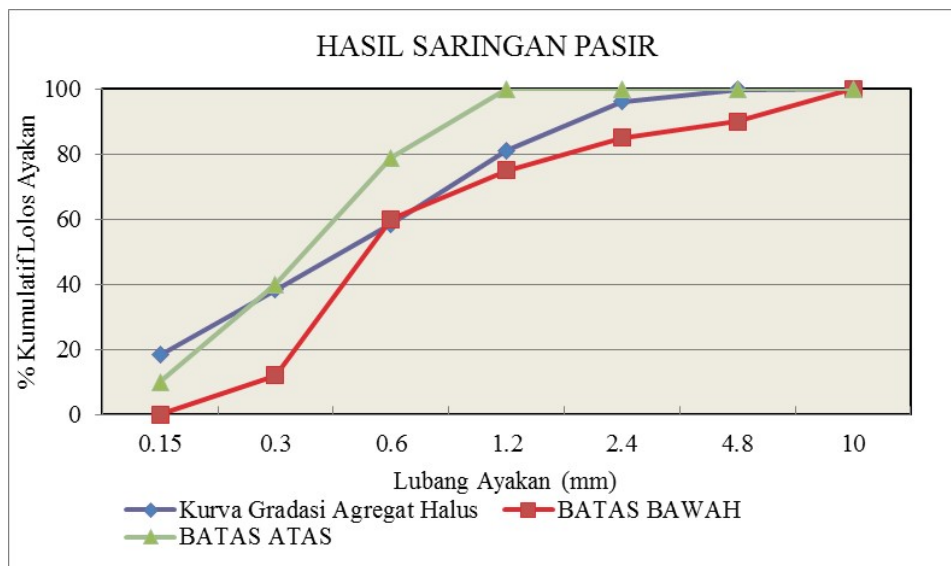
$$MHB = \frac{\text{Berat Tertinggal Komulatif}}{100}$$

$$MHB = \frac{307,73}{100} = 3,08$$

Tabel 5.7 Penggolongan Daerah Gradasi Beserta Hasil Pengujian

Nomor Saringan	Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang lolos Ayakan				Hasil Saringan
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV	
3/8"	10	100	100	100	100	100,00
4	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100	99,86
8	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100	96,15
16	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100	81,24
30	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100	58,47
50	0,3	5-20.	20-30	12-40.	15-50	38,24
100	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15	18,31

Dari hasil di atas dapat digambarkan dalam bentuk grafik gradasi, pada Gambar 5.1 berikut



Gambar 5.1 Gradasi Daerah III Material Pasir Agak Halus

Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa nilai MHB yang didapat dari pengujian gradasi material agregat halus adalah sebesar 3,08. Angka tersebut menunjukkan bahwa agregat halus yang digunakan cukup baik untuk menghasilkan beton mutu tinggi secara optimal. Hal ini sesuai dengan syarat modulus halus butir yaitu 1,5-3,8.

Gradasi yang dihasilkan dari pengujian gradasi material agregat halus berada dalam batas yang disyaratkan pada gradasi III yaitu gradasi dengan jenis pasir agak halus. Jika gradasi agregat halus sesuai dengan persyaratan, maka agregat halus tersebut dapat digunakan sebagai material pada beton, karena agregat halus tersebut memiliki distribusi ukuran partikel yang baik, sehingga diharapkan dapat saling mengisi pori-pori yang ada.

5.3 PERHITUNGAN KEBUTUHAN CAMPURAN

Berdasarkan pemeriksaan bahan yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia pada benda uji pasir merapi dan abu tempurung kelapa mendapatkan hasil sebagai berikut:

Berat volume pasir	:	1,61 gram/cm ³
Berat volume abu tempurung kelapa	:	0,48 gram/cm ³
Berat volume semen	:	2,08 gram/cm ³
Kadar lumpur pasir	:	3,99 %
MHB pasir	:	3,08

Benda uji dibuat dengan campuran menggunakan perbandingan 1 pc : 6 ps, sedangkan untuk kebutuhan abu tempurung kelapa menggunakan perbandingan terhadap berat semen. Perhitungan kebutuhan bahan untuk setiap benda uji adalah sebagai berikut:

Volume 1 benda uji (<i>paving block</i>)	= 20 x 10 x 6 cm	= 1200 cm ³
Faktor pencampuran	= 1,2 x 1200	= 1440 cm ³
Kebutuhan 1 <i>paving block</i>	= 1440 x 1,61	= 2318,4 gram
Kebutuhan 8 <i>paving block</i>	= 8 x 2318,4	= 18547,2 gram
- Kebutuhan pasir	= $\frac{6}{7}$ x 18547,2	= 15897,6 gram

$$\text{- Kebutuhan semen} = \frac{1}{7} \times 18547,2 = 2649,6 \text{ gram}$$

Kebutuhan abu tempurung kelapa terhadap volume semen

$$\text{Untuk: } 2,5\% = \frac{2,5}{100} \times 2649,6 = 66,24 \text{ gram}$$

$$5\% = \frac{5}{100} \times 2649,6 = 132,48 \text{ gram}$$

$$7,5\% = \frac{7,5}{100} \times 2649,6 = 198,72 \text{ gram}$$

$$10\% = \frac{10}{100} \times 2649,6 = 264,96 \text{ gram}$$

Tabel 5.8 Komposisi campuran *paving block*

PC (gr)	Pasir (gr)	Variasi (%)	Abu Tempurung Kelapa (gr)	Jumlah Benda Uji
2649,6	15897,6	0	0	8
2649,6	15897,6	2,5	66,24	8
2649,6	15897,6	5	132,48	8
2649,6	15897,6	7,5	198,72	8
2649,6	15897,6	10	264,96	8

5.4 DATA HASIL PENGUJIAN

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi (TBK) Universitas Islam Indonesia.

5.4.1 Pengujian Kuat Tekan *Paving block*

Pengujian kuat desak *paving block* dilakukan pada waktu *paving block* mencapai umur 21 hari dengan jumlah benda uji 4 buah untuk masing-masing variasi abu tempurung kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat semen dan 4 buah *paving block* yang ada dipasaran sebagai pembandingan. Hasil pengujian kuat desak *paving block* memperlihatkan bahwa kuat desak *paving block* meningkat pada variasi 2,5% dan kemudian kuat desak *paving block* menurun

seiring dengan bertambahnya abu tempurung kelapa. Untuk memperoleh nilai kuat desak maksimal maka hasil kuat desak pada umur 21 hari dikonversikan ke umur 28 hari. Data hasil pengujian kuat desak dapat dilihat pada Tabel dan Gambar berikut.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block* SNI di Pasaran

No Benda Uji	Dimensi			Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Kg/Cm ²)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Konversi Umur 28 hari (Kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
SNI 1	18.45	8.26	5.97	2.48	2725.84	442.2	295.783	0.95	311.351
SNI 2	18.63	8.52	5.82	2.38	2576.33	408.2	262.151	0.95	275.948
SNI 3	18.1	8.54	5.96	2.36	2561.71	342.1	225.604	0.95	237.478
SNI 4	18.54	8.58	5.56	2.41	2724.87	374.5	239.986	0.95	252.617
Rata - rata						391.750	255.881		269.349

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block* Variasi 0%

No Benda Uji	Dimensi			Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Kg/Cm ²)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Konversi Umur 28 hari (Kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
I.1	18.91	8.61	5.8	2.52	2668.57	436.3	273.163	0.95	287.540
I.2	18.75	8.88	5.92	2.62	2658.06	443.6	271.587	0.95	285.881
I.3	18.92	8.98	5.87	2.53	2536.79	363.3	217.971	0.95	229.443
I.4	18.83	8.84	5.75	2.52	2632.87	405.5	248.324	0.95	261.394
Rata - rata						412.175	252.761		266.064

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block* Variasi 2,5%

No Benda Uji	Dimensi			Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Kg/Cm ²)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Konversi Umur 28 hari (Kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
II.1	18.91	8.73	5.99	2.62	2649.53	451.4	278.732	0.95	293.402
II.2	18.95	8.76	5.94	2.66	2697.63	456.4	280.261	0.95	295.012
II.3	18.96	8.83	5.64	2.56	2711.20	419.3	255.304	0.95	268.741
II.4	18.83	8.81	5.67	2.64	2806.69	421.3	258.879	0.95	272.504
Rata - rata						437.100	268.294		282.415

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block* Variasi 5%

No Benda Uji	Dimensi			Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Kg/Cm ²)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Konversi Umur 28 hari (Kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
III.1	18.83	8.8	5.63	2.19	2347.48	408.6	251.360	0.95	264.590
III.2	18.53	8.96	5.63	2.33	2492.67	404	248.044	0.95	261.099
III.3	18.9	8.89	5.3	2.3	2582.79	390.4	236.852	0.95	249.318
III.4	18.94	8.95	5.73	2.38	2450.30	421.7	253.590	0.95	266.937
Rata - rata						406.175	247.462		260.486

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block* Variasi 7,5%

No Benda Uji	Dimensi			Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Kg/Cm ²)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Konversi Umur 28 hari (Kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
IV.1	18.8	8.87	5.12	2.1	2459.62	337.3	206.189	0.95	217.041
IV.2	18.74	8.66	5.27	2.26	2642.47	397.8	249.867	0.95	263.018
IV.3	18.92	8.8	5.2	2.1	2425.56	293.6	179.756	0.95	189.217
IV.4	18.9	8.85	5.3	2.16	2436.54	366.6	223.418	0.95	235.177
Rata - rata						348.825	214.807		226.113

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan *Paving block* Variasi 10%

No Benda Uji	Dimensi			Berat Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m ³)	Beban Maks (kN)	Kuat Desak (Kg/Cm ²)	Angka Konversi Umur	Kuat Desak Konversi Umur 28 hari (Kg/cm ²)
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)						
V.1	18.85	8.83	4.83	2.06	2562.41	366.2	224.273	0.95	236.077
V.2	18.84	8.87	5.24	2.21	2523.81	377.1	230.029	0.95	242.136
V.3	19.06	9.05	4.92	2.08	2450.91	260.5	153.946	0.95	162.048
V.4	19.15	8.89	5.4	2.21	2403.96	222.9	133.466	0.95	140.490
Rata - rata						306.675	185.428		195.188

Contoh Perhitungan :

Sebagai contoh diambil hasil pengujian *paving block* pada variasi penambahan abu tempurung kelapa 2,5% pada sampel pertama.

Panjang (p) = 18,91 cm

$$\begin{aligned}
\text{Lebar} \quad (l) &= 8,73 \text{ cm} \\
\text{Tinggi} \quad (t) &= 5,99 \text{ cm} \\
\text{Luas} \quad (A) &= p \times l \\
&= 18,91 \times 8,73 \\
&= 165,08 \text{ cm}^2 \\
\text{Beban Maksimum} \quad (P) &= 451,4 \text{ kN} \\
&= 46014,27 \text{ kg} \\
\text{Kuat Tekan 21 hari } (\sigma'_b) &= \frac{P}{A} \\
&= \frac{46014,27}{165,08} \\
&= 278,732 \text{ kg/cm}^2 \\
\text{Angka konversi 28 hari} &= 0,95 \\
\text{Konversi ke 28 hari} &= \frac{278,732}{0,95} \\
&= 293,402 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Dari keempat hasil kuat desak *paving block* pada variasi 2,5% dijumlahkan kemudian dibagi jumlah benda uji untuk mendapatkan kuat desak rata-rata pada setiap variasi. Untuk kuat desak rata-rata dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Kuat desak rata-rata } (\sigma'_{bm}) &= \frac{\sum \sigma'_b}{n} \\
&= \frac{293,402 + 295,012 + 268,741 + 272,504}{4} \\
&= 282,415 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Berikut hasil rata-rata dari perhitungan kuat desak dan persentase kenaikan kuat desak dapat dilihat pada Tabel 5.15, 5.16 dan dapat dilihat pada Gambar 5.2:

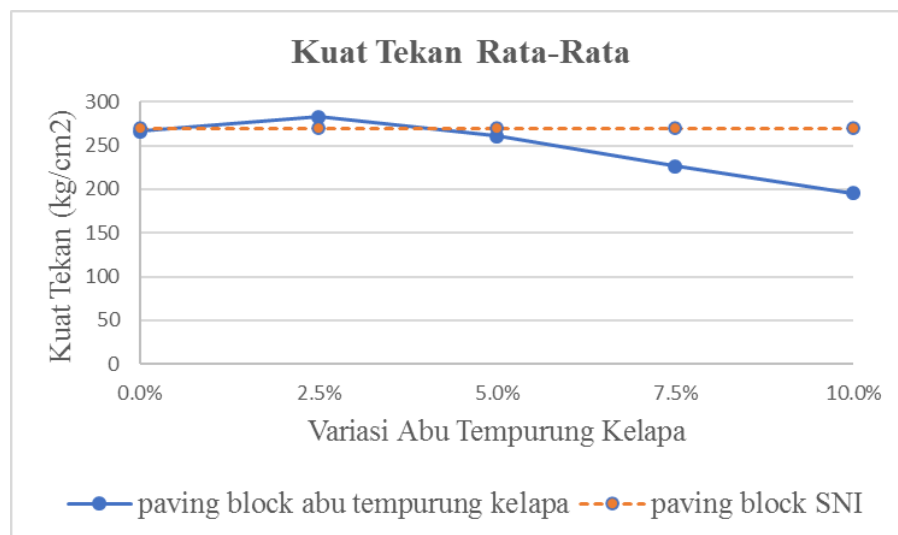
Tabel 5.15 Kuat Desak Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving block*

No	Variasi	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	Mutu <i>Paving block</i> (SNI-03-0691-1996)	Keterangan (SNI-03-0691-1996)
1	0.0%	266.06	B	Pelataran Parkir
2	2.5%	282.41	B	Pelataran Parkir
3	5.0%	260.49	B	Pelataran Parkir
4	7.5%	226.11	B	Pelataran Parkir

5	10.0%	195.19	B	Pelataran Parkir
---	-------	--------	---	------------------

Tabel 5.16 Persentase Kenaikan Kuat Desak

No	Variasi	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)	Perubahan Nilai Kuat Tekan (%)
1	0.0%	266.06	0
2	2.5%	282.41	6,15
3	5.0%	260.49	-2,10
4	7.5%	226.11	-15,02
5	10.0%	195.19	-26,64



Gambar 5.2 Grafik Kuat Desak Rata-rata *Paving block*

Pembahasan :

Kandungan silika yang terdapat pada abu tempurung kelapa ternyata dapat memberikan pengaruh yang cukup besar pada kuat desak *paving block*. Limbah abu tempurung kelapa yang digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran dapat meningkatkan nilai kuat tekan *paving block*. Kuat desak optimum terjadi pada variasi abu tempurung kelapa sebesar 2,5%, dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan penambahan variasi abu tempurung kelapa. Hal ini terjadi dikarenakan pada saat proses pencampuran abu tempurung kelapa yang

digunakan menyerap banyak air dalam campuran dan mengakibatkan terjadinya penggumpalan-penggumpalan pada campuran. Sehingga mengakibatkan campuran tidak homogen dan tidak plastis. Semen yang seharusnya mampu bereaksi dengan baik tidak bereaksi secara maksimal karena kebutuhan air pada campuran berkurang. Dari hasil diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa abu tempurung kelapa tidak cocok sebagai bahan ikat, tetapi abu tempurung kelapa lebih cocok sebagai filler.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka alternative limbah abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block* dapat memberikan peningkatan yang cukup baik pada nilai kuat desak *paving block*. *Paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa mampu bersaing dengan *paving block* yang berada dipasaran pada kondisi tertentu yaitu pada variasi abu tempurung kelapa sebesar 2,5% dan 5% karena memiliki nilai kuat tekan yang tidak beda jauh dari hasil kuat tekan *paving block* SNI. Dan menurut SNI 03 – 0961 – 1996 *paving block* tipe holand dengan ketebalan 6 cm yang dihasilkan tergolong kedalam *paving block* dengan mutu B pada variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% kegunaanya untuk pelataran parkir.

5.4.2 Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air benda uji *paving block* dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah untuk masing-masing variasi penambahan abu tempurung kelapa sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dan 4 buah *paving block* yang ada di pasaran sebagai pembanding. Dari hasil pengujian daya serap air pada *paving block* didapatkan daya serap air masing-masing benda uji. Dari keempat sampel tersebut diambil nilai daya serap air rata-ratanya untuk setiap variasi penambahan limbah abu tempurung kelapa. Sebagai contoh perhitungan diambil perhitungan daya serap air variasi penambahan limbah abu tempurung kelapa 5% sampel pertama.

Contoh perhitungan :

Berat basah (Wb) = 2.337 kg

Berat kering (Wk) = 2.186 kg

$$\begin{aligned}
 \text{Serapan air (\%)} &= \frac{Wb - Wk}{Wk} \times 100\% \\
 &= \frac{2.337 - 2.186}{2.186} \times 100\% \\
 &= 6.908\%
 \end{aligned}$$

Untuk nilai daya serap air rata-rata variasi penambahan limbah abu tempurung kelapa 5% adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Serapan air rata-rata} &= \frac{\sum \text{Serapan air}}{n} \\
 &= \frac{6.908 + 7.123 + 6.764 + 7.186}{4} \\
 &= 6.995\%
 \end{aligned}$$

Dari setiap variasi penambahan didapatkan daya serap air rata-ratanya yang akan digunakan sebagai acuan dan perbandingan terhadap daya serap air variasi penambahan limbah abu tempurung kelapa satu dengan yang lain. Hasil daya serap air rata-rata *paving block* masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel dan Gambar berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block* SNI di Pasaran

No Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-Rata
SNI 1	2.332	2.164	7.763	7.849
SNI 2	2.254	2.078	8.470	
SNI 3	2.309	2.129	8.455	
SNI 4	2.481	2.325	6.710	

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block* 0%

No Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-Rata
I.5	2.441	2.300	6.130	5.924
I.6	2.463	2.323	6.027	
I.7	2.361	2.228	5.969	
I.8	2.426	2.298	5.570	

Tabel 5.19 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block* 2,5%

No Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-Rata
II.5	2.433	2.278	6.804	6.674
II.6	2.54	2.372	7.083	
II.7	2.459	2.322	5.900	
II.8	2.398	2.243	6.910	

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block* 5%

No Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-Rata
III.5	2.337	2.186	6.908	6.995
III.6	2.331	2.176	7.123	
III.7	2.352	2.203	6.764	
III.8	2.282	2.129	7.186	

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block* 7,5%

No Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-Rata
IV.5	2.053	1.904	7.826	7.629
IV.6	2.202	2.039	7.994	
IV.7	2.107	1.962	7.390	
IV.8	2.189	2.040	7.304	

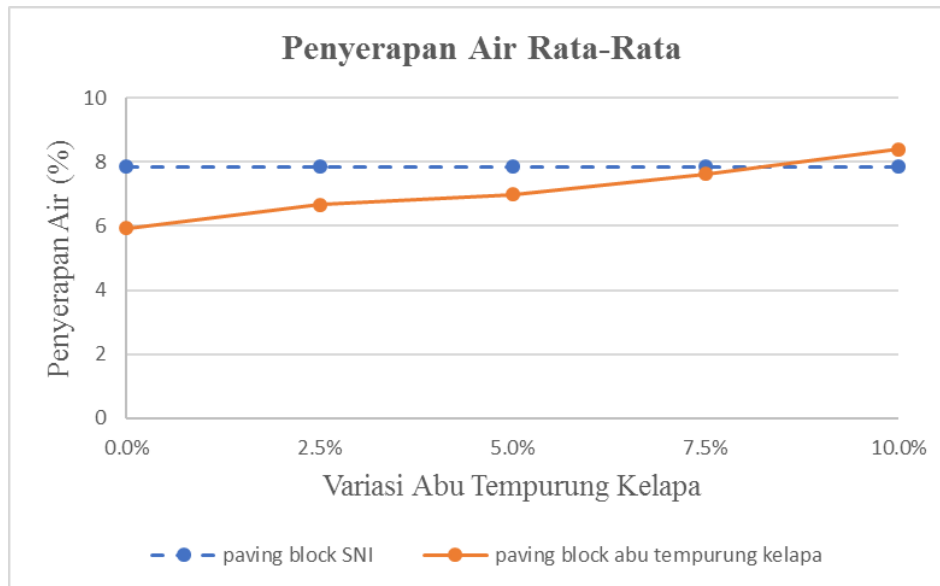
Tabel 5.22 Hasil Pengujian Penyerapan Air *Paving block* 10%

No Benda Uji	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Serapan Air (%)	Rata-Rata
V.5	2.039	1.890	7.884	8.394
V.6	2.152	1.987	8.304	
V.7	2.048	1.882	8.820	
V.8	2.103	1.937	8.570	

Tabel 5.23 Daya Serap Air Rata-rata dan Penggolongan Mutu *Paving block*

No	Variasi	Penyerapan Air (%)	Mutu <i>Paving block</i> (SNI-03-0691-1996)
1	0.0%	5.924	B
2	2.5%	6.674	C
3	5.0%	6.995	C
4	7.5%	7.629	C
5	10.0%	8.394	D

Grafik hasil pengujian daya serap air rata-rata pada masing-masing variasi abu tempurung kelapa dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.3 Grafik Daya Serap Air Rata-rata

Jika kenaikan daya serap air dibandingkan dengan nilai daya serap air *paving block* normal (tanpa variasi abu tempurung kelapa) maka didapatkan persentase kenaikannya sebagai berikut.



Gambar 5.4 Grafik Persentase Kenaikan Serapan Air

Pembahasan :

Dari tabel hasil pengujian penyerapan air (porositas) diketahui bahwa *paving block* SNI di pasaran memiliki persentase penyerapan air kurang dari 10% dan rerata *paving block* abu tempurung kelapa memiliki persentase penyerapan air yang terus meningkat sejalan dengan penambahan kadar abu tempurung kelapa.

Untuk *paving block* tanpa penambahan abu tempurung kelapa memiliki serapan air sebesar 5,924% lebih rendah dari serapan air dengan penambahan 2,5% abu tempurung kelapa yang mencapai 6,674%. Serapan air yang lebih tinggi diperoleh dari *paving block* dengan penambahan 5-10% abu tempurung kelapa yang mencapai 6,995%, 7,629%, dan 8,394%. Hal ini dikarenakan sifat dari limbah abu tempurung kelapa mempunyai daya serap air yang cukup besar, karena abu tempurung kelapa mengandung bahan silika yang bersifat pozzolan yaitu menyerap air.

5.5 HARGA POKOK PRODUKSI

5.5.1 Harga

Perhitungan harga pokok produksi sangat mempengaruhi penetapan harga jual suatu produk sekaligus penetapan laba yang diinginkan. Harga itu sendiri merupakan salah satu variabel yang harus dikendalikan secara benar, karena harga

akan sangat berpengaruh terhadap beberapa aspek kegiatan perusahaan, baik menyangkut kegiatan penjualan maupun aspek keuntungan yang ingin dicapai oleh perusahaan.

Definisi harga menurut beberapa ahli yaitu:

- a. Stanton (2000), harga adalah jumlah uang (kemungkinan ditambah beberapa barang) yang dibutuhkan untuk memperoleh beberapa kombinasi sebuah produk dan pelayanan yang menyertainya.
- b. Menurut Simamora (2001), pengertian harga adalah sejumlah nilai yang dipertukarkan untuk memperoleh suatu produk.

Secara umum pengertian harga adalah nilai pertukaran dari suatu produk atau jasa. Harga adalah faktor utama dalam bersaing untuk menjual barang industri maupun barang konsumen.

Faktor-faktor yang mempengaruhi harga:

- a. Mengestimasi permintaan untuk produk
- b. Mengetahui lebih dahulu reaksi dalam persaingan
- c. Memilih strategi harga untuk mencapai target pasar
- d. Mempertimbangkan politik pemasaran perusahaan

Menurut Kotler dan Amstrong (2004), bahwa ada dua faktor utama yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan dan penetapan harga yaitu faktor lingkungan internal dan faktor lingkungan eksternal perusahaan.

5.5.2 Perhitungan Harga Pokok Produksi

Setelah didapatkan *paving block* abu tempurung kelapa yang memiliki kuat desak dan serapan air sesuai dengan standar SNI-03-0691-1996 maka dapat dilakukan perhitungan analisis kelayakan produksi *paving block* dengan limbah abu tempurung kelapa, dengan analisis perhitungan kelayakan ekonomi sebagai berikut.

A. Menghitung biaya alat

- Alat Utama

1) Harga alat press *paving block* = Rp 68.000.000,-

2) Alat *Mixer* = Rp 20.000.000,-

3) Total harga alat	= Rp 88.000.000,-
4) Umur alat	= 5 tahun
5) Nilai sisa alat	= Rp 17.600.000,-
6) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
7) Penyusutan	= $\frac{88.000.000 - 17.600.000}{5 \times 300}$
	= Rp 46.933,33,- /hari

- Alat Bantu

1) Ember @10bh	= Rp. 100.000,-
2) Cetok @2bh	= Rp. 20.000,-
3) Sekop kecil @2bh	= Rp. 30.000,-
4) Cangkul @1bh	= Rp. 80.000,-
5) Harga total alat bantu	= Rp 230.000,-
6) Umur alat	= 6 bulan
7) Nilai sisa alat	= 0
8) Jumlah hari kerja	= 6 bulan
9) Penyusutan	= $\frac{230.000 - 0}{150}$
	= Rp. 1.533,-/hari

Total biaya penyusutan alat per hari = Rp 48.466,-

B. Menghitung biaya bangunan

1) Harga bangunan	= Rp 20.000.000,-
2) Umur bangunan	= 5 tahun
3) Nilai sisa bangunan	= -
4) Jumlah hari kerja	= 300 hari/tahun
5) Penyusutan	= $\frac{20.000.000 - 0}{5 \times 300}$
	= Rp 13.333,-

C. Menghitung biaya perawatan alat

1) Listrik dan air per bulan	= Rp 250.000,-/bulan (25hari)
------------------------------	-------------------------------

$$2) \text{ Listrik dan air perhari} = \frac{25.000}{25} = \text{Rp } 10.000,-$$

D. Menghitung biaya papan dasar

$$\begin{aligned} 1) \text{ Total pengerasan} &= 1 \text{ hari} \\ 2) \text{ Kebutuhan } \textit{paving block} \text{ per hari} &= 2400 \text{ paving} \\ 3) \text{ Kebutuhan papan} &= 200 \text{ papan} \\ 4) \text{ Harga satuan papan} &= \text{Rp } 10.000,- \\ 5) \text{ Harga total papan} &= \text{Rp } 2.000.000,- \\ 6) \text{ Umur papan} &= 6 \text{ bulan} \\ 7) \text{ Nilai sisa} &= - \\ 8) \text{ Jumlah hari kerja per tahun} &= 300 \text{ hari} \\ 9) \text{ Penyusutan papan per hari} &= \frac{2.000.000 - 0}{150} \\ &= \text{Rp. } 13.333,- /\text{hari} \end{aligned}$$

E. Menghitung biaya upah

$$\begin{aligned} 1) \text{ Jumlah perkerja} &= 5 \text{ orang} \\ 2) \text{ Penghasilan } \textit{paving block} \text{ per hari} &= 200 / \text{papan} \\ 3) \text{ Upah pekerja per papan} &= \text{Rp } 2000,- / \text{papan} \\ 4) \text{ Upah pekerja per hari} &= (200 \times \text{Rp } 2000,-) : 5 \\ &= \text{Rp } 80.000,- / \text{orang/hari} \\ 5) \text{ Pimpinan} &= 1 \\ 6) \text{ Gaji pimpinan per hari} &= \text{Rp } 85.000,- \\ 7) \text{ Total upah per hari} &= \text{Rp } 485.000,- / \text{hari} \end{aligned}$$

F. Menghitung biaya material

$$\begin{aligned} 1) \text{ Kebutuhan material pada 1 } \textit{paving block} \text{ variasi III} \\ 1 \text{ PC} : 6 \text{ PS} : 5 \% \text{ AB} &= 2,3 \text{ Liter (Tabel 5.8)} \\ \text{Kebutuhan material 1 } \textit{paving block} &= 0,0023 \text{ m}^3 \\ \text{Kebutuhan material 2400 } \textit{paving block} &= 5,52 \text{ m}^3 \\ 2) \text{ Kebutuhan pasir (PS) perhari} &= \frac{(6)\text{berat}}{(1+6+5\%)\text{berat}} \times 5,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$= \frac{0,0020}{0,0023} \times 5,52 m^3$$

$$= 4,8 m^3$$

Harga pasir per m³ = Rp 125.000,-

Biaya pasir perhari = Rp 600.000,-

3) Kebutuhan semen (PC) perhari = $\frac{(1)berat}{(1+6+5\%)berat} \times 5,52 m^3$

$$= \frac{0,00031}{0,0023} \times 5,52 m^3$$

$$= 0,72 m^3$$

= 720 kg = 18 sak

Harga semen per 1 sak = Rp 40.000,-

Biaya semen perhari = Rp 720.000,-

4) Kebutuhan abu tempurung kelapa (AB) perhari

$$= \frac{(5\%)berat}{(1+6+5\%)berat} \times 5,52 m^3$$

$$= \frac{1,67 \times 10^{-5}}{0,0023} \times 5,52 m^3$$

$$= 0,04 m^3$$

= 40 kg

Harga abu tempurung kelapa per kg = Rp 850,-

Biaya abu perhari = Rp 34.000,-

5) Total biaya material perhari = Rp 1.354.000,-

G. Biaya makan minum

1) Makan minum per satu pekerja = Rp 15.000,-

2) Total personil = 6 orang

3) Total biaya konsumsi = 6 x Rp 15.000

= Rp 90.000,- /hari

H. Biaya THR

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1) Uang per tahun | = Rp 250.000/tahun |
| 2) Jumlah pekerja | = 5 orang |
| 3) Jumlah pemimpin | = 1 orang |
| 4) Uang per hari | = Rp 5.000,- /hari |
| 5) Barang per tahun | = Rp 150.000/tahun |
| 6) Barang per hari | = Rp 3.000,-/hari |
| 7) Total biaya THR | = Rp 8.000,- /hari |
- I. 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 1.354.000,- |
| Biaya tenaga kerja | = Rp 485.000,- |
| Biaya konsumsi | = Rp 90.000,- |
| Biaya tunjangan hari raya | = Rp 8.000,- |
| Total biaya pengeluaran per hari | = Rp 2.037.000,-/hari |
- J. Menghitung harga pokok produksi lapangan
- | | |
|--|----------------------------|
| 1) Produksi <i>paving block</i> per hari | = 2400 paving/hari |
| 2) Total biaya pengeluaran | = Rp 2.037.000,-/hari |
| HPP Lapangan | = $\frac{2.037.000}{2400}$ |
| | = Rp 848,75,- |
| 20% Margin perusahaan | = Rp 169,75,- |
| PPN 10% | = Rp 84,88,- |
| Harga dasar paving | = Rp 1.103,38,- |
| Biaya kirim per paving | = Rp 200,- |
| Harga pokok total | = Rp 1.303,38,-/buah |
- K. Menghitung penghasilan produksi per hari
- | | |
|--|--------------------|
| 1) Produksi <i>paving block</i> per hari | = 2400 paving/hari |
| 2) Harga jual <i>paving block</i> | = Rp 1400,-/buah |

$$\begin{aligned} \text{Total Pemasukan} &= 2400 \times \text{Rp } 1400 \\ &= \text{Rp } 3.360.000,-/\text{hari} \end{aligned}$$

L. Menghitung keuntungan per *paving block*

$$\begin{aligned} 1) \text{ Persentase keuntungan per buah} &= \frac{1400 - 1303,38}{1400} \times 100\% \\ &= 6,90\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keuntungannya} &= \text{Rp. } 1.400 - \text{Rp. } 1.303,38 \\ &= \text{Rp. } 96,62/\text{buah} \end{aligned}$$

2) Keuntungan per hari

$$\begin{aligned} \text{Produksi per hari} - \text{keuntungan per } \textit{paving block} \\ = 2400 \text{ buah} \times \text{Rp } 96,62 &= \text{Rp } 231.888,-/\text{hari} \end{aligned}$$

3) Keuntungan per bulan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah hari kerja} &= 25 \text{ hari/bln} \\ \text{Keuntungan 1 bulan} &= 25 \times \text{Rp } 231.888 \\ &= \text{Rp } 5.797.200,-/\text{bulan} \end{aligned}$$

4) Keuntungan per tahun

$$\begin{aligned} \text{Jumlah hari kerja} &= 300 \text{ hari/tahun} \\ \text{Keuntungan 1 tahun} &= 300 \times \text{Rp } 231.888 \\ &= \text{Rp } 69.566.400,-/\text{tahun} \end{aligned}$$

Bila harga produksi per hari membutuhkan biaya pengeluaran sebesar Rp 2.037.000,- dengan produksi *paving block* per hari adalah 2400 buah maka harga pokok produksi adalah sebesar Rp 848,75,- per buah.

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% sehingga harga pokok produksi total adalah Rp 1.303,38,- per *paving*.

Sehingga diperoleh hasil analisis bahwa usaha produksi pembuatan *paving block* dengan abu tempurung kelapa ini menguntungkan bagi para pengusahanya, karena memiliki keuntungan bersih sebesar Rp 231.888,- /hari dengan harga pokok produksi sebesar Rp 1.303,38,- /buah. Dan apabila dijual dengan harga

seperti dipasaran sebesar Rp 1.400,- / buah maka diperoleh keuntungan sebesar 6,90% dari penjualan. Untuk keuntungan per bulan dan tahunnya sebesar Rp 5.797.200,-/bulan dan Rp 69.566.400,-/tahun. Harga tersebut sudah termasuk PPN 10%. Harga ini dianggap dan diyakini bahwa *paving block* dengan abu tempurung kelapa dapat bersaing dengan harga dipasaran.

5.6 PERBANDINGAN HASIL PENELITIAN DENGAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pembuatan *paving block* dengan bahan tambah abu tempurung kelapa, maka jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yaitu Zhafirin (2012) tentang pengaruh penambahan abu tempurung kelapa pada pembuatan *paving block* diperoleh perbedaan nilai kuat tekan dan penyerapan air sebagai berikut:

Tabel 5.24 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Variasi	Penelitian Terdahulu	Penelitian Lanjutan	Penelitian Terdahulu	Penelitian Lanjutan
	Kuat Tekan Rata-rata (kg/cm ²)		Penyerapan Air (%)	
0%	128.73	266.06	14.64	5.924
2.50%	130.96	282.41	14.84	6.674
5%	141.42	260.49	15.06	6.995
7.50%	167.95	226.11	15.32	7.629
10%	268.84	195.19	15.73	8.394

Hasil penelitian untuk nilai kuat tekan pada penelitian terdahulu atau perbandingan 1 : 8 mengalami peningkatan seiring dengan penambahan variasi abu tempurung kelapa, hasil optimum diperoleh pada penambahan variasi abu tempurung kelapa sebesar 10% yaitu sebesar 268,84 kg/cm². Sedangkan pada penelitian lanjutan atau perbandingan 1 : 6 nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi penambahan abu tempurung kelapa sebesar 2,5% yaitu sebesar 282,41 kg/cm², yang kemudian pada variasi 5% sampai dengan 10% nilai kuat tekannya menurun. Untuk nilai penyerapan air pada penelitian terdahulu dengan penelitian lanjutan mengalami perbedaan yang signifikan seperti terlihat pada Tabel 5.24. Perbedaan hasil nilai kuat tekan dan penyerapan air pada penelitian ini

dikarenakan penggunaan perbandingan campuran yang berdeda yaitu untuk penelitian terdahulu menggunakan perbandingan 1 : 8 sedangkan pada penelitian lanjutan menggunakan perbandingan 1 : 6, dan juga abu yang digunakan berbeda yaitu antara abu hasil pembakaran sendiri dan abu hasil pembakaran pembuatan arang tempurung kelapa, sehingga suhu pembakarannya berbeda dan abu yang dihasilkan juga berbeda.

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tentang Tinjauan Terhadap Kuat Tekan Dan Harga Produksi *Paving block* Dengan Penambahan Abu Tempurung Kelapa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut:

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. *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.
2. Banyak sedikitnya variasi penambahan bahan tambah (abu tempurung kelapa) belum tentu mempengaruhi hasil optimum nilai kuat tekan suatu benda uji (*paving block*).
3. 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%
4. 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.

6.2 SARAN

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

1. Pada penelitian ini didapatkan sampel yang kurang homogen antar satu dengan lainnya dalam satu variasi campuran, sehingga perlu adanya penelitian dengan variabel-variabel *paving block* yang lebih khusus, seperti waktu pengadukan bahan campuran dan ketelitian alat secara pabrikan. Karena setelah dilakukan penelitian ini, dua hal tersebut cukup mempengaruhi kehomogenan sampel dalam satu adukan sehingga terdapat hasil yang tidak sesuai.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan pozzolan abu tempurung kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan *paving block*. Penelitian lanjutan yang dapat dilakukan adalah pengayakan abu tempurung kelapa menggunakan diameter lubang yang lebih kecil dengan saringan No.100 (agar dapat lebih menutup pori-pori kapur akibat reaksi antara semen dengan air).
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh penambahan abu tempurung kelapa pada *paving block* dengan menggunakan perbandingan lain antara semen dan pasir, variasi penambahan abu tempurung kelapa yang lebih besar, atau menggunakan ketebalan *paving block* 8 cm menggunakan metode yang sama dengan penelitian ini yang diharapkan mampu memberikan kekuatan yang maksimal dan daya serap yang lebih kecil.
4. Sebaiknya abu tempurung kelapa yang digunakan adalah hasil dari pembakaran dengan suhu yang lebih tinggi, sehingga kandungan silika

dalam abu tempurung kelapa semakin meningkat dan lebih reaktif daripada abu tempurung kelapa yang digunakan dalam penelitian ini.

5. Melihat hasil penelitian ini diharapkan ada tindak lanjut pemakaian limbah tempurung kelapa, tidak hanya sebatas sebagai bahan bakar rumah tangga yang memiliki nilai ekonomis rendah tetapi memiliki manfaat yang lebih dalam pembuatan *paving block*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2011). *Panduan Praktikum Bahan Konstruksi Teknik*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Anonim. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Bandung.
- Fitalaka, Suci. (2015). *Paving Block Mutu Tinggi Dengan Bahan Campur Abu Batu*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hartanto, Kukuh. (2014). *Pemanfaatan Limbah Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Bahan Baku Batako*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Kotler, Philip, dan Armstrong, 2004, *Dasar-dasar Pemasaran, Edisi Kesembilan*, PT. Indeks, Jakarta.
- Mulyadi. (2007). *Akuntansi Biaya Harga Pokok Produksi*, Yayasan Keluarga Pahlawan Negara. Yogyakarta.
- Nugroho, A.S. (2013). *Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu PG.Madukismo Sebagai Bahan Substitusi Semen dan Pengisi (Filler) Terhadap Karakteristik Paving Block*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nurmawati, Ida. (2006). *Pemanfaatan Limbah Industri Penggajian Kayu Sebagai Bahan Substitusi Pembuatan Paving Block*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Simamora, Bilson, 2001, *Memenangkan Pasar : Dengan Pemasaran Efektif dan Profitabel*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sugiarti, Cicilia. (2015). *Inovasi Genteng Beton Menggunakan Papercrete*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sukron, M.S. (2012). *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Andesit Sebagai Bahan Tambah Pada Paving Block*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Standar Nasional Indonesia. (1996). *SNI 03-0691-1996 Bata Beton (Paving Block)*, Dewan Standarisasi Nasional, Bandung.

- Stanton, William. J, 2000, *Prinsip Pemasaran*, Edisi Revisi, Erlangga, Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton, Bahan Ajar Jurusan Teknik Sipil, Terbitan Pertama*. Nafiri. Yogya
- Triyono, D.D. (2010). *Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sawit Untuk Pembuatan Paving Block*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Wicaksono, Ferry. (2012). *Pengaruh Abu Sekam Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Pada Kuat Desak dan Kuat Lentur serta Daya Serap Air Paving Block*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Widodo, Slamet. (2007). *Struktur Beton*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Zhafirin, Zaki. (2012). *Pengaruh Penambahan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Mortar Sebagai Bahan Dasar Paving Block*, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

LAMPIRAN 1

HASIL PENGUJIAN BAHAN

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR ABU TEMPURUNG KELAPA				
Tabel L1.1 Pengujian Berat Isi Gembur Abu Tempurung Kelapa				
Asal Abu	Industri Pembuatan Arang Tempurung Kelapa			
Keperluan	Pembuatan Sampel <i>Paving Block</i>			
Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, gram	(W1)	5293.00	5287.30	5290.15
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram	(W2)	6185.00	6055.00	6120.00
Berat Agregat, gram	(W3)	892.00	767.70	829.85
Volume Tabung, cm ³	(V)	1763.82	1735.22	1749.52
Berat Volume Gembur, gram/cm ³		0.51	0.44	0.47

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR

Tabel L1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi			
Keperluan	Pembuatan Sampel <i>Paving Block</i>			
Uraian		Contoh 1	Contoh 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram	(Bk)	467.7	464.7	466.2
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram		500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram	(Bt)	1019.6	1020.4	1020
Berat piknometer berisi air, gram	(B)	705.8	705.8	705.8
Berat Jenis Curah, gram/cm ³	(1)	2.51	2.51	2.51
Berat Jenis jenuh kering muka, gram/cm ³	(2)	2.69	2.70	2.69
Berat Jenis semu, gram/cm ³	(3)	3.04	3.10	3.07
Penyerapan air	(4)	6.91	7.60	7.25

Keterangan :

500 = Berat benda uji dalam kondisi jenuh kering muka, dalam gram

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS

Tabel L1.3 Pengujian Berat Isi Gembur Agregat Halus

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi			
Keperluan	Pembuatan Sampel <i>Paving Block</i>			
Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, gram	(W1)	12500.00	10805.00	11652.50
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram	(W2)	20980.00	19435.00	20207.50
Berat Agregat, gram	(W3)	8480.00	8630.00	8555.00
Volume Tabung, cm ³	(V)	5340.38	5301.43	5320.91
Berat Volume Gembur, gram/cm ³		1.59	1.63	1.61

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS

Tabel L1.4 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi			
Keperluan	Pembuatan Sampel <i>Paving Block</i>			
Uraian		Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung, gram	(W1)	12500.00	10805.00	11652.50
Berat Tabung + Agregat kering tungku, gram	(W2)	22235.00	20560.00	21397.50
Berat Agregat, gram	(W3)	9735.00	9755.00	9745.00
Volume Tabung, cm ³	(V)	5340.38	5301.43	5320.91
Berat Volume Padat, gram/cm ³		1.82	1.84	1.83

UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Tabel L1.5 Pengujian Kandungan Lumpur Dalam Pasir

Asal Pasir	Kali Gendol, Merapi				
Keperluan	Pembuatan Sampel <i>Paving Block</i>				
Uraian			Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven, gram	(W1)		500	500	500
Berat Agregat Kering Oven setelah di cuci, gram	(W2)		480.3	479.8	480.05
Berat Butiran Lolos Ayakan No. 200			3.94	4.04	3.99

PENGUJIAN GRADASI PASIR

Tabel L1.6 Pengujian Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (Gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
10	0.00	0.00	0	100.00
4.8	2.80	0.14	0.14	99.86
2.4	73.70	3.71	3.85	96.15
1.2	296.60	14.92	18.76	81.24
0.6	452.80	22.77	41.53	58.47
0.3	402.20	20.23	61.76	38.24
0.15	396.30	19.93	81.69	18.31
Sisa	364.10	18.31	100.00	0.00
Jumlah	1988.50	100.00	307.73	

Tabel L1.7 Penggolongan Daerah Gradasi Beserta Hasil Pengujian

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang lolos Ayakan				Hasil Saringan
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV	
10	100	100	100	100	100,00
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100	99,86
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100	96,15
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100	81,24
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100	58,47
0,3	5-20.	20-30	12-40.	15-50	38,24
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15	18,31

LAMPIRAN 2

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar Penimbangan Agregat Halus



Gambar Proses Pengayakan Agregat Halus



Gambar Proses Pencampuran Bahan Pembuat *Paving Block*



Gambar Proses Pencetakan *Paving Block*



Gambar Proses Pengepresan *Paving Block*



Gambar *Paving Block* Basah



Gambar Proses Pengujian Kuat Desak *Paving Block*



Gambar Proses Pengovenan untuk Pengujian Serapan Air