

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN LIMBAH ABU CANGKANG KELAPA SAWIT – DAUN TEH SEBAGAI MATERIAL *PAVING BLOCK*



RINO HIDAYAT

D121 13 311

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2019





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO. KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : **Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit - Daun Teh Sebagai Material Paving Block**

Disusun Oleh :

Nama : Rino Hidayat

D121 13 311

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 16 Januari 2019

Pembimbing I

Dr. Eng. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T.
NIP. 198001202002122002

Pembimbing II

Dr. Eng. Akbar Caronge, S.T., M.Eng.
NIDK. 8848260017

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
Nip. 197204242000122001



KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanallahu wa Ta'ala berkat rahmat dan karuniaNya Penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul "***Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit - Daun Teh Sebagai Material Paving Block***", sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium.

Keberhasilan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan semua pihak terkait. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Baharuddin, S.T., M. Arch., Ph.D., selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng selaku ketua Departemen Teknik Sipil dan kepala laboratorium riset Eco material yang telah memberi pengarahan dan tempat dalam proses penyelesaian tugas akhir penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Ibu Dr. Eng. Asyianti T Lando., ST, MT selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penulisan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Eng Muh. Akbar Caronge, ST., M.Eng. sebagai pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu dan tenaga sebagai pembimbing serta tanpa henti mendorong penulis untuk terus semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.

f. Dr. Eng. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng., selaku Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan selama penelitian.

8. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda Suyitno dan Ibunda Sri Fatanah Iswatin serta seluruh keluarga besar atas segala doa, kasih sayang, dan dukungan selama ini dengan pengorbanan yang begitu besar, baik spritiual maupun materil.
2. Kepada Andi Rahbil Fadly, Muh. Walid Ganiero, Muh. Muliawan, Baso Afdal Nugraha, Mahas Khamdalasari, Muslianti Novilia dan Yesmi Ramadhani yang tada hentinya memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Kepada Toni Hartanto, Aqifa Nurjasriah, Muh. Ambry, Muh. Hary Ansyari, Muh. Naufal, Muh. Haidir Haswan, Dicky Kurniawan dan Agus Handoko yang selalu memberi semangat dalam diri penulis serta banyak memberi dukungan moril.
4. Kepada Ariqah Zakiyah Ramadhani, Andre Saputra Abdullah, Muh. Khadavi, Nurul Dewinta dan Mutmainnah Daming, yang telah memberikan dukungan serta semangat dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Kepada Himpunan Mahasiswa Sipil dan Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sebagai tempat menimba ilmu organisasi selama menjadi mahasiswa.
6. Kepada Seluruh teman-teman Angkatan 2013 jurusan Sipil yang telah banyak mengukir kenangan bersama selama menjadi mahasiswa dan banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir.

teman-teman KKN Gelombang 93 Kelurahan Bonto Lebang, Kecamatan
sappu, Kabupaten Bantaeng.



8. Semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini tidak luput dari kekurangan, saran dan kritik yang membangun penulis terima dengan senang hati.

Akhir kata, hanya kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala* penulis serahkan segalanya dan atas segala limpahan Rahmat-Nya kepada kita mudah mudahan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, Desember 2018

Penulis,

Rino Hidayat



ABSTRAK

RINO HIDAYAT. *Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit – Daun Teh Sebagai Material Paving Block* (dibimbing oleh Asiyanthi T. Lando dan Muh. Akbar Caronge)

Paving block merupakan salah satu material penutup permukaan tanah yang sangat penting untuk membangun berbagai infrastruktur. Semen *Portland* merupakan salah satu bahan penyusun *paving block*. Bahan buangan pabrik yang tidak mengalami proses lanjutan dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen pada pembuatan *paving block*, misalnya limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh (ACKSDT). Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan ACKSDT sebagai material *paving block* berdimensi 10cm x 20cm x 7cm dengan variasi substitusi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 60% ACKSDT terhadap semen dengan metode penelitian uji eksperimen di laboratorium. Adapun hasil yang dapat diketahui dalam penelitian ini. 1) Presentase maksimum substitusi ACKSDT terhadap semen berdasarkan nilai kuat tekan yakni sebesar 40%. 2) Pengaruh substitusi ACKSDT sebanyak 10% dapat menaikkan nilai kuat tekan terhadap *paving block* normal dan menurun pada substitusi 20% - 60%. 3) Pemanfaatan ACKSDT dapat mengurangi emisi gas CO₂ sebesar 0,003 ton – 0,010 ton dalam produksi 1m² *paving block*. 4) Biaya produksi *paving block* dengan substitusi ACKSDT tereduksi hingga 28% terhadap *paving block* normal.

Kata Kunci : Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit - Daun Teh, *Paving Block*, Kuat Tekan



ABSTRACT

RINO HIDAYAT. Utilization of Palm Oil Shell – Tea Leaf Ash Waste as Paving Block Material (supervised by Asiyanthi T. Lando and Muh. Akbar Caronge)

Paving block is one of the most important land cover materials to construct various infrastructures. Portland cement is one of the constituent materials of paving block. Manufactory wastes that does not go through further processing can be utilized as a cement substitution material in making a paving block, for example palm oil shell – tea leaf ash (POSTLA). This research being established with the aim of knowing the impact of utilizing POSTLA as a paving block material with 10cm x 20cm x 7cm dimension and substitution variation on 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 60% of POSTLA to cement with experimental test methods in the laboratory. The results that can be known in this study such as, 1) The maximum percentage of POSTLA substitution for cement based on the compressive strength value is 40%. 2) The impact of 10% substitution of POSTLA can increase the value of compressive strength for normal paving block and decrease in substitution of 20% - 60%. 3) Utilization of POSTLA can reduce the CO₂ emissions by 0.003 tons - 0.010 tons in the production of 1m² paving block, 4) The cost of producing paving block with the substitution of POSTLA reduced to 28% towards the normal paving block.

Key Words: Palm Oil Shell – Tea Leaves Ash Waste, Paving Block, Compressive Strength



DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kelapa Sawit	6
B. Daun Teh	7
C. <i>Paving Block</i>	9
D. Material Penyusun <i>Paving Block</i>	10
E. Penelitian Terdahulu	16
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Alir Penelitian	19
B. Batas Waktu Penelitian	21
C. Lokasi Penelitian dan Sumber Data	21
D. Jenis dan Bahan Penelitian	22



E. Benda Uji	26
F. Prosedur Penelitian.....	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Material	36
B. Berat Jenis <i>Paving Block</i>	38
C. Kuat Tekan <i>Paving Block</i>	39
D. Efisiensi Kekuatan Semen.....	41
E. Tinjauan Lingkungan	42
F. Tinjauan Biaya	43

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	46
B. Saran	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 1. Sifat-sifat fisika <i>Paving Block</i>	10
Tabel 2. Syarat fisika <i>Portland Cement Composite</i>	11
Tabel 3. Batas gradasi butiran pasir	15
Tabel 4. Jadwal penelitian	21
Tabel 5. Rancangan campuran <i>Paving Block</i> untuk 1m ³	28
Tabel 6. Jumlah Benda Uji.....	33
Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	36
Tabel 8. Komposisi kimia PCC dan ACKSDT	37
Tabel 9. Nilai kuat tekan dan klasifikasi <i>Paving Block</i>	41
Tabel 10. Perbandingan penurunan harga <i>Paving Block</i>	44



DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 1. Kelapa sawit dan cangkang kelapa sawit	7
Gambar 2. Pengolahan teh	8
Gambar 3. Daun teh dan ampas daun teh.....	8
Gambar 4. Bagan alir penelitian	19
Gambar 5. <i>Universal Testing Machine</i> kapasitas 1000kN.....	22
Gambar 6. Cetakan <i>Paving Block</i> press manual	22
Gambar 7. Saringan.....	23
Gambar 8. Timbangan <i>Hanging Scale Sellery</i>	23
Gambar 9. Ember	24
Gambar 10. Proses penutupan <i>Paving Block</i> menggunakan karung goni.....	24
Gambar 11. Semen Portlan Komposit (PCC)	25
Gambar 12. Pasir.....	25
Gambar 13. Abu Batu.	26
Gambar 14. Abu cangkang kelapa sawit - daun teh (ACKSDT)	26
Gambar 15. <i>Paving block</i> Segiempat	28
Gambar 16. Penimbangan bahan material	29
Gambar 17. Bahan material yang telah ditimbang.....	30
Gambar 18. Campuran diberi penambahan air	30
Gambar 19. Bahan material dimasukkan kedalam alat pencetak.....	31
Gambar 20. Bahan material di press	31
Gambar 21. Bahan material dikeluarkan dari alat pencetak	32
Gambar 22. Penyimpanan <i>Paving Block</i>	32
Gambar 23. Proses perawatan (Curing)	33
Gambar 24. Hasil uji kuat tekan.....	34
Gambar 25. Proses perendaman <i>Paving Block</i> didalam air	35
Gambar 26. Proses pengeringan didalam oven	35
Gambar 27. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	37
Gambar 28. SEM dari ACKSDT	38



Gambar 29. Berat jenis <i>Paving Block</i>	39
Gambar 30. Kuat tekan <i>Paving Block</i> umur 28 hari	40
Gambar 31. Grafik efisiensi kuat tekan terhadap semen.....	42
Gambar 32. Pengurangan CO ₂ pada produksi 1m ² <i>Paving Block</i>	43
Gambar 33. Perbandingan kuat tekan dan harga <i>Paving Block</i>	45



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Paving block merupakan salah satu material yang sangat penting untuk membangun berbagai infrastruktur. *Paving block* difokuskan menjadi material penutup permukaan tanah. Hal ini menjadikan *paving block* sebagai salah satu material yang banyak digunakan oleh manusia. Menurut Badan Standardisasi Nasional No. 03-0691-1989 pengertian dari *paving block* adalah suatu komposisi bangunan yang dibuat dari campuran Semen Portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutunya.

Semen Portland merupakan salah satu bahan campuran untuk membuat *paving block*, namun dalam proses produksi Semen Portland diketahui terjadi pelepasan karbon dioksida (CO_2) yang merupakan kontributor utama pada emisi gas rumah kaca di atmosfer. Secara umum, produksi setiap 1 ton semen mengakibatkan terjadinya pelepasan karbon dioksida (CO_2) sebesar 1 ton ke atmosfer. Secara keseluruhan, produksi semen dunia memberikan kontribusi 1,6 juta ton karbon dioksida atau sekitar 7% dari pelepasan CO_2 ke atmosfer (Mehta, 2001). Belakangan ini, konsumsi semen dunia mencapai angka 2,3 juta ton per tahun yang berarti sekitar 2,3 juta ton CO_2 telah dilepaskan ke atmosfer setiap tahunnya (Sumajouw dkk, 2013).

Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan semen adalah memanfaatkan abu dari hasil proses pembakaran yang memiliki kandungan silika. Abu yang dihasilkan dari proses pembakaran dan tidak mengalami proses lanjutan dapat dikategorikan sebagai limbah. Salah satu industri minuman di Kabupaten diketahui tidak melakukan proses lanjutan pada limbah yang telah terbentuk abu. Limbah abu yang dihasilkan dari industri tersebut adalah limbah dari pembakaran boiler menggunakan cangkang kelapa sawit yang



dikombinasikan dengan ampas daun teh dengan perbandingan 70% cangkang kelapa sawit dan 30% ampas daun teh.

Abu cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh merupakan salah satu limbah yang dapat dijadikan sebagai bahan substitusi semen. Diketahui abu cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh memiliki unsur silika (SiO_2) yang tinggi yang juga terdapat pada semen. Untuk itu, penulis mencoba untuk membuat *paving block* dengan menambahkan abu cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh sebagai bahan pengganti sebagian semen yang diharapkan dapat mereduksi tingkat penggunaan semen dengan tidak mengurangi mutu pada *paving block*.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian dengan judul:

“Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit - Daun Teh Sebagai Material Paving Block”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diambil rumusan masalah,

1. Bagaimana pengaruh pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh guna mereduksi kadar semen dalam pembuatan *paving block*.
2. Bagaimana pengaruh penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh terhadap kekuatan *paving block*.
3. Bagaimana potensi pengurangan emisi CO_2 dari pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh sebagai substitusi semen pada produksi *paving block*
4. Bagaimana pengaruh penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh terhadap biaya produksi *paving block*.



C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui presentasi maksimum substitusi limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh terhadap semen.
2. Mengetahui efek penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh terhadap kekuatan *paving block*.
3. Mengetahui pengurangan emisi CO₂ dari pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh sebagai substitusi semen pada produksi *paving block*.
4. Mengetahui biaya produksi *paving block* dari hasil penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana, maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penambahan abu cangkang kelapa sawit - daun teh sebagai bahan substitusi semen dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 60% dari kadar semen total.
2. Penelitian ini membuat *paving block* berbentuk persegi dengan ukuran dimensi 10cm x 20cm dengan ketebalan 7cm.
3. Pengujian kuat tekan dengan alat *Universal Testing Machine* 1000 Kn.
4. Alat cetakan menggunakan press manual K50-100 dengan minimal kuat tekan $\geq 8,5$ MPa pada umur 28 hari
5. Semen yang digunakan berjenis PCC (*Portland Composite Cement*).
6. Agregat halus yang digunakan berasal dari daerah Bili-bili Kabupaten Gowa.

Limbah abu yang digunakan berasal dari salah satu Industri minuman di Kabupaten Gowa.



8. Analisa harga dan efek lingkungan terhadap limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh sebagai substitusi semen.

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan dari hasil penelitian ini, dapat menciptakan suatu komposisi *paving block* dengan penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh sebagai substitusi semen berbasis ramah lingkungan. Selain itu, diharapkan dapat mengurangi biaya produksi *paving block* serta pengurangan emisi CO₂ dari pemanfaatan limbah abu cangkang kelapa sawit - daun teh.

F. Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Kesimpulan dan Saran.

Berikut ini merupakan rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan hal - hal mengenai latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, rumusan masalah, ruang lingkup dan batasan masalah serta sistematika penulisan yang berisi tentang penggambaran secara garis besar mengenai hal - hal yang dibahas dalam bab - bab berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang kerangka konseptual yang memuat beberapa penulisan sebelumnya yang berkaitan dengan limbah abu cangkang kelapa sawit -



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahap - tahap yang dilakukan selama penelitian meliputi alat dan bagan yang digunakan, lokasi penelitian, pembuatan benda uji, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan benda uji *paving block*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil - hasil pengujian kuat tekan *paving block* abu cangkang kelapa sawit - daun teh (ACKSDT) dengan beberapa variasi penambahan ACKSDT serta penjabaran tentang hasil assesmen lingkungan terhadap *paving block* dengan campuran ACKSDT.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisa hasil yang diperoleh saat penelitian dan disertai dengan saran - saran yang diusulkan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kelapa Sawit

Konsumsi semen portland di dunia meningkat menjadi 2 juta ton dari 1,3 miliar ton per tahun sejak abad kedelapan belas dan seterusnya. Hal ini disertai dengan isu lingkungan lainnya seperti meningkatnya jumlah CO₂ terbesar yang dihasilkan selama proses pembuatan semen (Rawaid et al., 2012). Pemanfaatan bahan substitusi semen sangat mempengaruhi hal ini. Namun, material yang berkelanjutan akan mengurangi permintaan semen portland dan mengurangi biaya produksi paving block. Salah satu bahan yang dapat menjadi substitusi semen adalah abu yang dihasilkan dari proses pembakaran cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh.

Haryanti, dkk (2014) mengutip dari Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi di Masyarakat Perdesaan bahwa kelapa sawit merupakan salah satu tanaman budidaya penghasil minyak nabati berupa *Crude Palm Oil* (CPO), sangat banyak ditanam dalam perkebunan di Indonesia terutama di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua. Selain menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO), dalam proses pengolahannya kelapa sawit juga menghasilkan limbah. Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (Shell) sebanyak 6,5% atau 65 kg, wet decanter solid (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (Fiber) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50%.

Menurut Effendi (2008), cangkang buah kelapa sawit merupakan turunan dari Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang kalau diolah dapat berfungsi sebagai bahan bakar untuk pengganti BBM. Biasanya cangkang ini digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik jenis briket batubara. Cangkang sawit memiliki potensi yang cukup besar dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena nilai kalor yang dimilikinya



cukup tinggi, sekelas dengan batubara jenis lignit. Penelitian yang dilakukan Thalib (2011) di Baristand Industri Banda Aceh mengenai pembuatan briket dari bahan baku cangkang kelapa sawit menunjukkan bahwa limbah padat cangkang kelapa sawit telah memenuhi baku mutu sesuai dengan SNI Briket Arang Kayu. Gambar kelapa sawit dan limbah cangkangnya dapat dilihat pada **Gambar 1**



Sumber : James Morgan / WWF International dan Dokumentasi Pribadi

Gambar 1. Kelapa sawit dan cangkang kelapa sawit

Abu yang dihasilkan dari proses pembakaran briket cangkang kelapa sawit diketahui memiliki kandungan silika (SiO_2) yang dapat bereaksi dengan kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan unsur lemah dalam beton menjadi gel CSH baru. Gel CSH merupakan unsur utama yang mempengaruhi kekuatan pasta semen dan kekuatan beton.

B. Daun Teh

Teh merupakan salah satu minuman seduh yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia selain kopi. Di Indonesia sendiri tingkat produksi teh berdasarkan data statistik perkebunan Indonesia menurut status perusahaan dari tiga tahun terakhir meningkat yakni 146,168 ton produksi teh per tahun pada tahun 2017. Akan tetapi Indonesia pernah mencapai angka tertinggi dalam memproduksi teh yakni 169,821 ton pada tahun 2003.

Di Indonesia dan beberapa negara lainnya, teh merupakan minuman sehari-hari yang banyak disukai karena kandungan kafein yang lebih rendah jika



dibandingkan dengan kopi. Pengolahan teh (**Gambar 2**) terbesar didominasi dalam bentuk teh hitam, sisanya teh hijau, sedangkan industri teh wangi merupakan hasil olahan teh hitam. Gambar daun teh dan ampas hasil pengolahan pabrik dapat dilihat pada **Gambar 3**



Gambar 2. Pengolahan teh



Source: Tea Production Meets 29 Percent of Domestic Demand dan dokumentasi pribadi

Gambar 3. Daun teh dan ampas daun teh



Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan teh berupa ampas daun biasanya dimanfaatkan sebagai media tanam terhadap berbagai pertumbuhan tanaman. Selain itu ampas daun teh juga dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif apabila dikelola dengan baik.

Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Zoller dalam Wanklyn (1874), abu yang dihasilkan dari proses pembakaran daun teh memiliki kandungan Silika (SiO_2) yang cukup tinggi. Analisis yang dilakukan Zoller menunjukkan bahwa kandungan silika pada abu yang diperoleh dari hasil pembakaran ampas daun teh lebih tinggi daripada silika yang terkandung pada abu dari hasil pembakaran daun teh yang masih segar. Sehingga abu dari ampas daun teh juga dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dapat mempengaruhi kekuatan pasta semen dan kekuatan beton.

C. Paving Block

Paving block adalah suatu komposisi 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 beton (SNI 03-0691-1996).

Paving Block atau sering disebut sebagai bata beton (*concrete block*) merupakan bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternative penutup permukaan tanah. *paving block* biasanya digunakan untuk pengerasan dan memperlindah halaman rumah, taman, trotoar jalan hingga jalanan kompleks perumahan.

Badan Standarisasi Nasional (SNI 03-0691-1996) mengklasifikasi *paving block* (bata beton) menjadi 4 jenis, yaitu :

1. Bata beton mutu A, digunakan untuk jalan
2. Bata beton mutu B, digunakan untuk pelataran parkir
3. Bata beton mutu C, digunakan untuk pejalan kaki
4. Bata beton mutu D, digunakan untuk taman dan penggunaan lain

Syarat mutu *paving block* berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (SNI 1996), yaitu :



1. Sifat tampak

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

2. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal minimal 60mm dengan toleransi +8%.

3. Sifat fisika

Bata beton harus mempunyai sifat fisika seperti pada **Tabel 1**

Tabel 1. Sifat-sifat fisika *paving block*

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

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

D. Material Penyusun Paving Block

1. Portland Cement Composite

Semen (menurut Standar BS EN 1971:2011) merupakan bahan pengikat hidrolik, yaitu bahan anorganik yang ditumbuk halus dan ketika bercampur dengan air, dengan menggunakan reaksi dan proses hidrasi membentuk pasta yang mengikat dan mengeras, setelah mengeras, tetap mempertahankan kekuatan dan ketahanan mekanisnya meskipun di dalam air.

Semen PCC atau *Portland Composite Cement* atau Semen Portland tipe, adalah semen Portland yang masuk kedalam kategori *Belended Cement*



atau semen campur. Semen campur ini dibuat atau didesign karena dibutuhkannya sifat-sifat tertentu yang mana sifat tersebut tidak dimiliki oleh semen portland tipe I. Untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada semen campur maka pada proses pembuatannya ditambahkan bahan aditif seperti *Pozzolan*, *Fly ash*, *silica fume* dll.

Menurut SNI 15-7064-2004 maka definisi Semen Portland Komposit, adalah bahan pengikat hidrolisis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gyps dengan satu atau lebih bahan anorganik atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain Terak Tanur Tinggi (*Blast Furnace Slag*), pozzolan, senyawa silicat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6 % – 35 % dari massa semen *Portland* komposit.

Syarat kimia untuk semen *Portland* komposit, kandungan SO₃ maksimum 4%, komposisi kimia yang lain sama dengan komposisi kimia semen *Portland*. Sedangkan syarat fisika semen *Portland* komposit dapat dilihat pada Tabel 1.

1.) Syarat fisika semen *Portland* komposit

Semen Portland komposit memiliki syarat fisika seperti pada **Tabel**

2

Tabel 2. Syarat fisika *Portland Cement Composite*

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1.	Kehalusan dengan alat blaine	m ² /kg	Min.280
2.	Kekekalan bentuk dengan autoclave:		
	- Pemuai	%	Maks. 0,8
	- Penyusutan	%	Maks. 0,2
3.	Waktu pengikatan dengan alat vikat:		
	- Pengikatan awal	Menit	Min.45
	- Pengikatan akhir	Menit	Maks.375
4.	Kuat tekan:		
	- Umur 3 hari	Kg/cm ²	Min.125
	- Umur 7 hari	Kg/cm ²	Min.200
	- Umur 28 hari	Kg/cm ²	Min.250
	Pengikatan semu:		
	- Penetrasi akhir	%	Min.50



6.	Kandungan udara dalam mortar	% volume	Maks.12
----	------------------------------	----------	---------

(Sumber : SNI 15-7064-2004)

Klinker semen *Portland* mengandung empat senyawa kimia utama, yang disebut dengan mineral-mineral klinker yaitu :

- a) C_3S atau $3CaO.SiO_2$ disebut *Trikalsium silikat*
- b) C_2S atau $2CaO.SiO_2$ disebut *Dikalsium silikat*
- c) C_3A atau $3CaO.Al_2O_3$ disebut *Trikalsium aluminat*
- d) C_4AF atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ disebut *Tetrakalsium aluminoferrit*.

Semen *portland* dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu (ASTM C-150) :

- a) Tipe I : Untuk konstruksi biasa dimana sifat yang khusus tidak diperlukan.
- b) Tipe IA : Semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe I.
- c) Tipe II : Untuk konstruksi biasa dimana diinginkan perlawanan terhadap sulfat atau panas dari hidrasi yang sedang.
- d) Tipe IIA : Semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe II.
- e) Tipe III : untuk konstruksi dimana kekuatan permulaan yang tinggi diinginkan.
- f) Tipe IIIA : semen *air entraining* yang penggunaannya sama dengan tipe III.
- g) Tipe IV : untuk konstruksi dimana panas yang rendah dari hidrasi diinginkan.
- h) Tipe V : untuk konstruksi dimana daya tahan tinggi terhadap sulfat diinginkan.

Sifat-sifat yang dimiliki Semen *Portland Cement Composite* :

- a) Mempunyai panas hidrasi rendah sampai sedang



- b) Tahan terhadap serangan sulfat
- c) Kekuatan tekan awal kurang, namun kekuatan akhir lebih tinggi

Ditinjau dari sifat yang dimiliki oleh Semen PCC maka semen tersebut dapat digunakan sebagai alternatif atau pengganti semen portland tipe II, IV atau V.

2.) Standard Acuan Semen PCC

Standar acuan yang digunakan semen portland composite bersumber dari EN-197-1, European Standard CEM II Portland Composite Cement. Menurut EN 197-1 Portland Composite Cement CEM II terbagi 2 yaitu :

- a) CEM II/A-M, komposisi semen ini terdiri dari, 80 – 90 % klinker/terak, 6 – 20 % bahan anorganik (Blast Furnace, silica fume, pozzolan, flyash, burn shale lime stone), 0 – 5 % Bahan tambahan Minor (gypsum)
- b) CEM II/B-M, komposisi semen ini terdiri dari, 65 – 79 % klinker/terak, 21 – 35 % bahan anorganik (Blast Furnace, silica fume, pozzolan, flyash, burn shale lime stone), 0 – 5 % Bahan tambahan Minor (gypsum)

Sedangkan kalau mengacu ke standard ASTM maka standard yang digunakan adalah ASTM C595, *Specification for Blended Cement*. Menurut standard ini maka *blended cement* terbagi menjadi :

- a) Tipe IS = Portland Blast Furnace Slag Cement
- b) Tipe IP = Portland Pozzolan Cement

2. Agregat Halus

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan komposit dalam campuran beton. Agregat dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kasar dan agregat halus. Agregat halus mempunyai ukuran dibawah 4,8 mm menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil olahan industri pemecah batu yang



berfungsi sebagai bahan pengisi, penahan penyusutan, dan penambah kekuatan Pasir dan abu batu merupakan bahan pengisi yang digunakan dengan semen untuk membuat adukan *paving block*.

1) Pasir

Menurut SNI 03-1970-2008, pasir alam merupakan agregat halus dari hasil disintegrasi alami dari batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm. Agregat yang dipakai pada penelitian ini berasal dari daerah Bili-bili, Kabupaten Gowa.

Adapun beberapa persyaratan penting untuk pasir yang digunakan sebagai agregat bahan bangunan berdasarkan SK SNI-S-04-1989 yaitu:

- a) Agregat pasir halus sebaiknya terdiri dari butiran dengan tekstur tajam dan keras. Indeks kekerasan untuk jenis pasir ini adalah $<2,2$
- b) Bila pasir digunakan dengan Natrium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal sebesar 12%
- c) Bila pasir digunakan dengan Magnesium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal sebesar 10%
- d) Standar pasir adalah tidak boleh memiliki kandungan lumpur lebih dari 5%
- e) Jika agregat pasir memiliki kandungan lebih dari 5%, maka harus dicuci lebih dulu
- f) Tak boleh terdapat terlalu banyak kandungan bahan organik didalam pasir. Sebelumnya pasir harus melalui percobaan warna abrasi- Harder menggunakan larutan jenuh NaOH 3%
- g) Untuk susunan jenis pasir butir besar harus memiliki kehalusan modulus 1,5 hingga 3,8. Pasir juga terdiri dari butir-butir yang berbeda
- h) Pasir harus memiliki reaksi alkali negatif untuk membuat beton dengan keawetan tingkat tinggi



- i) Pasir dari laut tidak diperbolehkan digunakan untuk agregat pasir halus untuk beton bermutu. Kecuali terdapat petunjuk khusus dari Lembaga pemerintahan bahan bangunan yang sudah diakui
- j) Pasir agregat halus yang akan digunakan untuk spesi terapan serta plasteran harus memenuhi persyaratan dari pasir pasangan lebih dulu

Zona gradasi agregat halus (pasir) berdasarkan SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Batas gradasi butiran pasir

Ukuran Saringan (mm)	Lolos Saringan/Ayakan			
	Zona 1 (Pasir Kasar)	Zona 2 (Pasir Agak Kasar)	Zona 3 (Pasir Agak Halus)	Zona 4 (Pasir Halus)
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	1-15

2) Abu Batu

Abu batu merupakan agregat buatan yang berupa butir-butir batu pecah yang berfungsi sebagai filler/ bahan pengisi pada sebuah campuran (SNI 1737-1989). Agregat ini diperoleh dari hasil mesin pabrik pemecah batu di Kabupaten Gowa. Pada pembuatan *paving block*, material jenis ini banyak digunakan oleh pabrik pembuatan *paving block* sebagai bahan pengganti pasir.

3) Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Ampas Daun Teh



Salah satu industri minuman di Kabupaten Gowa, memanfaatkan cangkang kelapa sawit sebagai bahan bakar pada proses pembakaran boilernya. Industri ini memproduksi berbagai macam produk minuman yang salah satu

diantaranya adalah minuman teh kemasan. Ampas daun teh yang dihasilkan dari proses produksi minuman teh kemasan juga dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran boiler yang di dikombinasikan dengan cangkang kelapa sawit. Komposisi yang digunakan pada kombinasi bahan bakar antara cangkang kelapa sawit dan ampas daun teh yakni 70% cangkang kelapa sawit dan 30% ampas daun teh. Dari poses pembakaran tersebut, bahan bakar yang telah digunakan akan menghasilkan limbah berupa abu. Limbah tersebut tergolong sebagai limbah yang tidak mengalami pengolahan kembali karena tidak digunakan untuk proses lanjutan. Akan tetapi limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan additive yang dapat digunakan sebagai bahan campuran material bangunan.

E. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Mustaqim, dkk (2016) mengenai pengaruh penambahan abu tempurung kelapa terhadap kuat tekan *Paving Block* dengan tujuan mengetahui kuat tekan dan variasi campuran dengan penambahan abu tempurung kelapa. Penelitian tersebut menggunakan benda uji dengan dimensi 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan perbandingan semen dan pasir 1:6 dan penambahan abu tempurung kelapa dari berat semen pada persentase 0 %, 5 %, 10%, 15% dan 20 %. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan *paving block* dengan penambahan abu tempurung kelapa pada penambahan 5 % diperoleh kuat tekan sebesar 113 kg/cm², pada penambahan 10 % kuat tekan rata-ratanya sebesar 108kg/cm², pada penambahan 15% kuat tekan rata-ratanya sebesar 86 kg/cm², sedangkan pada penambahan 20% tidak dapat digunakan karena tidak mencapai syarat mutu D SNI-03-0691-1996 sebesar 81 kg/cm².

Penelitian yang lain dilakukan oleh Bakhtiar (2017) mengenai studi tentang mutu paving block dengan penambahan abu sekam padi. Dalam penelitian ini, abu sekam padi digunakan sebagai bahan additive dalam pembuatan paving block sebesar 5 %, 10 %, 15 % dan 20 % dari banyaknya campuran semen dan pasir. Variasi ukuran dan bentuk *paving block* adalah persegi panjang.



Panjang dengan ukuran (20x10) cm dan bentuk persegi enam dengan ketebalan masing masing 8 cm sesuai dengan standard SKSNI T-04-1990-F. dari hasil pengujian kuat tekan, didapatkan bahwa terjadi kenaikan kuat tekan sampai pada campuran sekitar ± 8 % dan terjadi penurunan kuat tekan di atas campuran 8 %. Penurunan ini terjadi mungkin dikarenakan terlalu banyak campuran abu sekam padi sehingga terjadinya penurunan jumlah presentase dari salah satu unsur kimia dan adanya beberapa perbedaan antara unsur kimia semen dengan unsur kimia ASP.

Penelitian yang dilakukan oleh Fauzi, dkk (2014) mengenai pemanfaatan abu ampas tebu sebagai bahan alternative pendukung pembuatan *paving block* dengan metode multi respon taguchi menunjukkan bahwa factor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas kuat tekan (MPa) dan penyerapan air (%) pada *paving block* adalah rasio air semen : agregat, rasio semen : abu ampas tebu, dan rasio pasir goa : pasir kali. Setting level optimal pada pembuatan *paving block* Rasio berat air semen dan agregat adalah 5 % : 95 %, rasio air dan semen (FAS) adalah 35 % : 65 %, rasio berat semen dan abu ampas tebu adalah 75 % : 25 % serta rasio berat pasir goa dan pasir kali adalah 35 % : 65 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Prayogo, dkk (2017) mengenai analisa kuat tekan paving block dengan abu batu sebagai bahan tambah menggunakan 3 macam komposisi campuran dan 1 komposisi kontrol. Dimana komposisi benda uji menggunakan perbandingan (1Pc:8Ps:10% AB, 1Pc:8Ps:20% AB, 1Pc:8Ps:30% AB, dan 1Pc:8Ps sebagai kontrol). Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata untuk setiap komposisi berurutan sebesar 19,20 kg/cm², 15,56 kg/cm², dan 32,75 kg/cm². Serta besar penyerapan air untuk masing masing komposisi secara berurutan sebesar 29,9 % 28,4 %, dan 18,8 %. Komposisi terbaik menurut syarat mutu SNI 03-0691-1996 dengan penyerapan air mutu D, kuat tekan masuk mutu A adalah 1Pc : 8Ps : 30% AB.



Penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai ket telah dilakukan oleh Thalib (2011) di Baristand Industri Banda Aceh. dibuat menggunakan bahan perekat tepung kanji dengan konsentrasi 10%

berdasarkan hasil uji pendahuluan. Sebagai perbandingan juga dilakukan terhadap bahan baku tempurung kelapa dan kayu. Dari hasil uji mutu menunjukkan produk briket dengan perlakuan bahan baku cangkang kelapa sawit pada konsentrasi perekat 10% memberikan rata-rata hasil uji kalori 7374,31 kal/gr, Briket tempurung kelapa dengan rata-rata kalori 6725,37 kal/gr, sedangkan untuk briket arang kayu dengan kadar kalori sebesar 6535,5 kal/gr. Dari hasil pengujian mutu menunjukkan bahwa semua parameter uji sesuai SNI Briket Arang Kayu telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hardjito dkk (2016) mengenai pemanfaatan bottom ash dan fly ash tipe c sebagai bahan pengganti dalam pembuatan paving block dengan membuat sampel dalam 3 tahapan. Sampel tahap pertama terbuat dari campuran semen dan bottom ash (lolos ayakan 2 atau 5 mm) dengan perbandingan massa 1:3, 1:4, dan 1:5. Komposisi campuran dengan properti paling baik (kuat tekan, serapan air, dan ketahanan aus) dimodifikasi dalam tahap kedua, yaitu mengganti porsi semen sebanyak 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, dan 80% dengan fly ash tipe C. Pada tahap ketiga, sampel dengan 30 dan 50% fly ash dibuat kembali menggunakan gabungan bottom ash lolos ayakan 5 dan 10 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah curing selama 28 hari, penggunaan bottom ash lolos ayakan 5 mm menghasilkan paving dengan properti lebih baik dibanding bottom ash lolos ayakan 2mm. Penambahan jumlah bottom ash menurunkan properti paving dan penggantian fly ash atas semen paling optimum adalah sebesar 20-50%. Penggunaan 50% bottom ash lolos ayakan 10 mm dan 50% lolos ayakan 5 mm meningkatkan properti paving dengan kuat tekan melampaui 40 MPa.

