

**TUGAS AKHIR**

**KUAT TEKAN DAN KARAKTERISTIK *LEACHATE* MORTAR  
BERBAHAN AIR LIMBAH TEMPAT PENCUCIAN MOBIL DAN ABU  
CANGKANG KELAPA SAWIT DAN DAUN TEH**



**AULIA MASHYTA ARIFIN**

**D121 14 517**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
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 : *Kuat Tekan dan Karakteristik Leachate Mortar Berbahan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil dan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh*

Disusun Oleh :

Nama : Aulia Mashyta arifin D121 14 517

Telah diperiksa dan disetujui  
 Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 22 Mei 2019

Pembimbing I

Dr.Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T.  
 NIP. 19721119200121001

Pembimbing II

Dr. Eng. Muh. Akbar Caronge, S.T.,M.T  
 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 "***Kuat Tekan dan Karakteristik Mortar dari Abu Cangkang Kelapa Sawit-Daun Teh dan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil***", 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. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, ST, MT selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penulisan Tugas Akhir ini.
5. 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.
6. Kepada Bapak/Ibu Dosen yang telah mengajar dan membimbing saya selama masa perkuliahan.

Sumi, staff administrasi Teknik Lingkungan, yang walaupun sedang dalam kesusahan tetap membantu administrasi saya dan teman-teman. Kemudian, yang banyak membantu juga dalam mempercepat proses berkas saya.



8. Bapakku Alm Arifin A Rachman yang saya cintai. Terima kasih telah menjadi bapak yang terbaik buat saya dan egi, selalu mendengarkan semua ceritaku, menghiburku dan menyemangati Terimakasih juga sudah menjadi manusia paling sabar yang pernah ku temui di dunia. Semoga engkau diberikan tempat terbaik di sisiNya. *Amin*. Mamaku Riyanti dan Adek ku Egi. Terimakasih untuk selalu memotivasi saya dalam mengerjakan tugas akhir. Terkhusus untuk mamaku terimakasih untuk doa-doanya sedari aku kecil. Semoga keberkahan selalu mengiringi langkah kalian.
9. Keluarga di Sudiang Ma Anna, Bapak Uwi , Putri, dan Nenek Nunu yang telah menjaga saya selama masa perkuliahan.
10. Keluarga di Cendrawasih yang telah bergantian menjaga saya dan adik saya ketika bapak dirawat dan mengurus segala keperluan ayahanda saya.
11. Ica, yayat, dan udi teman seperjuangan dalam pengerjaan TA.
12. Pak Syarif selaku kepala laboratorium kualitas air dan asisten lab bahan atas bantuannya
13. Yuni, Famas, Nuril, Mutia, Tari, Asya, Annisa, Arini, Ina dan Denissa yang telah menemani sejak semester awal.
14. Saudara- saudari Lingkungan 2014 dan se-Portal 2015 yang telah menambah warna baru di hidup saya. Terimakasih sekali ku ucapkan kepada semua teman-teman ku yang pernah mengantarkan aku pulang.

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, April 2019

Penulis,  
Aulia Mashyta Arifin



## ABSTRAK

AULIA MASHYTA ARIFIN. *Kuat Tekan dan Karakteristik Leachate Mortar Berbahan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil dan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh* (dibimbing oleh Irwan Ridwan Rahim dan Muhammad Akbar Caronge)

Meningkatnya angka kendaraan bermotor menyebabkan tempat pencucian baik motor ataupun mobil semakin menjamur. Jasa pencucian mobil ini dapat memperburuk kualitas lingkungan dikarenakan air hasil pencucian mobil atau limbahnya tidak diolah terlebih dahulu. Pemanfaatan cangkang kelapa sawit dan daun teh sebagai bahan bakar boiler akan menghasilkan limbah berupa abu. Tujuan dari penelitian ini mengetahui nilai kuat tekan dan karakteristik lindi yang ada pada mortar yang dibuat. Mortar yang dibuat adalah mortar yang menggunakan limbah abu cangkang kelapa sawit dan daun teh sebagai substitusi semen serta air limbah pencucian mobil sebagai substitusi air bersih. Pada penelitian ini variasi penambahan abu cangkang kelapa sawit antara lain 0%,10%,15% dan 20%. Pengujian kuat tekan dan karakteristik lindi dilakukan pada mortar yang berumur 28 hari. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil bahwa penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh mengakibatkan penurunan kuat tekan. Pada mortar yang menggunakan air limbah mempunyai kuat tekan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan mortar normal. Sedangkan mortar yang direndam air limbah tempat pencucian mobil mempunyai kuat tekan lebih kecil dibandingkan dengan mortar yang direndam dengan aquades. Untuk pengujian kadar lindi pada mortar berdasarkan pengukuran di laboratorium mortar yang telah dibuat tidak mengandung kadar logam yang melebihi standar *USEPA 1992*.

**Kata Kunci:** Mortar, Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh, Kuat Tekan,



## ABSTRACT

AULIA MASHYTA ARIFIN. *Compressive Strength and Characteristics of Leachate Mortar from Car Wash Wastewater and Ash of Palm Oil Shells and Tea Leaves* (Supervised by Irwan Ridwan Rahim and Muhammad Akbar Caronge)

The increasing number of motorized vehicles has caused the washing place of both motorcycles and cars to spread. There car are washing service can be worsen the quality of the environment because the water from the car wash or the waste is not process first. This also occurs in the use ash of palm oil shells and tea leaves as boiler fuel will produce waste in the form of ash. The purpose of this study was to determine the value of compressive strength and leachate characteristics of the mortar. Mortar made using ash of palm oil shells and tea leaves waste as substitute for cement and car wash wastewater as substitute for clean water. In this study variations in the addition ash of palm oil shells are 0%, 10%, 15% and 20%. Testing of compressive strength and leachate characteristics were carried out on 28 day. Based on this study, it was found that the addition ash of palm oil shells and tea leaves ash resulted in a decrease in compressive strength. In mortar using wastewater has a slightly higher compressive strength compared to normal mortar. Where the mortar was soaked in wastewater as a result of car washing had smaller compressive strength compared to the mortar which was soaked with distilled water. Testing of leachate content in mortar based on measurements in a mortar laboratory that has been made does not contain metal content that exceeds the 1992 USEPA standard.

**Keywords:** Mortar, Car Wash Wastewater, Ash Of Palm Oil Shells And The Leaves, Compressive Strength, Leachate Test



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	ii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	v
<b><i>ABSTRACT</i></b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR TABEL</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	4
E. Manfaat Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Air Limbah	6
B. Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh	14
C. Mortar	19
D. Material Penyusun Mortar	23
E. Kuat Tekan	27
F. Lindi/ <i>Leachate</i> pada Mortar	28
G. Penelitian Terdahulu	29



## **METODOLOGI PENELITIAN**

Bagan Alir Penelitian	32
-----------------------	----

B. Lokasi Pengambilan Sampel	34
C. Tempat dan Waktu Penelitian	36
D. Jenis Penelitian dan Sumber Data	36
E. Alat dan Bahan Penelitian	37
F. Benda Uji	44
G. Prosedur Penelitian	45

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Karakteristik Material	58
B. Karakteristik Air Limbah Tempat Pencucian Mobil	61
C. Berat Jenis Mortar	63
D. Kuat Tekan Mortar	67
E. Penyerapan Air	71
F. Tes Lindi ( <i>Leached</i> )	73
G. Aplikasi	75
H. Tinjauan Lingkungan	78

#### **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan	80
B. Saran	81

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit	15
Tabel 2. Komposisi Kimia Ampas Teh	18
Tabel 3. Syarat Fisika semen Portland Komposit	23
Tabel 4. Gradasi agregat halus untuk adukan/mortar	25
Tabel 5. Jadwal penelitian	36
Tabel 6. Mortar dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit dan daun teh sebagai bahan substitusi semen dan menggunakan air bersih	44
Tabel 7. Mortar dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit-daun teh dan menggunakan air limbah tempat pencucian mobil	44
Tabel 8. Rancang campuran mortar	49
Tabel 9. Jumlah benda uji mortar untuk pengujian kuat tekan dan berat jenis	52
Tabel 10. Jumlah benda uji mortar untuk pengujian penyerapan air	52
Tabel 11. Jumlah benda uji untuk mortar pengujian <i>Leachate</i>	52
Tabel 12. Komposisi kimia semen PCC	59
Tabel 13. Komposisi Kimia cangkang kelapa sawit-daun teh	59
Tabel 14. Hasil pemeriksaan material pasir	61
Tabel 15. Hasil pengujian kandungan kimia air limbah tempat pencucian mobil	62
Tabel 16. Rekapitulasi berat jenis	63
Tabel 17. Rekapitulasi kuat tekan mortar	67
Tabel 18. Rekapitulasi penyerapan air	71
Tabel 19. Hasil tes lindi/ <i>leachate</i> mortar	73
Hasil Pengukuran pH selama 24 jam	74
Kuat tekan dan kualifikasi mutu pada mortar dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit-daun teh dan	76



menggunakan aquades pada campuran dan rendamannya	
Tabel 22. Kuat tekan dan kualifikasi mutu pada mortar dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit-daun teh yang menggunakan aquades sebagai campuran dan air limbah tempat pencucian mobil sebagai rendaman	77
Tabel 23. Kuat tekan dan kualifikasi mutu pada mortar dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit-daun teh dan penggunaan dan air limbah tempat pencucian mobil sebagai campuran dan rendaman	78



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Tempat Pencucian Mobil PIT&GO	12
Gambar 2. Kelapa Sawit dan Ampas Kelapa sawit	16
Gambar 3. Ampas Daun Teh	17
Gambar 4. Proses Pencemaran Akibat Limbah Abu	19
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian	32
Gambar 6. Lokasi Pengambilan Abu Cangkang Kelapa Sawit- Daun Teh	34
Gambar 7. Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah	35
Gambar 8. Tempat Penampungan Air Limbah <i>PIT&amp;GO</i>	35
Gambar 9. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	37
Gambar 10. <i>Universal Testing Machine</i> (Tokyo Testing Machine Inc.)	38
Gambar 11. Mesin Pencampur ( <i>Mixer</i> )	38
Gambar 12. Pengukur Flow	39
Gambar 13. Cetakan Kubus	39
Gambar 14. Mesin Penggetar ( <i>vibrator</i> )	39
Gambar 15. Timbangan Digital	40
Gambar 16. pH Meter	40
Gambar 17. Termometer	40
Gambar 18. <i>Turbidity Meter</i>	41
Gambar 19. <i>Atomic Absorption Spectrometry</i> (AAS)	41
Gambar 20. Agregat halus yaitu pasir	42
Gambar 21. Semen jenis PCC	42
Gambar 22. Abu Cangkang Kelapa Sawit Dan Daun Teh	43
Gambar 23. Aquades dan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil	43
Gambar 24. Larutan <i>Super plasticizer</i>	43
Gambar 25. Bentuk benda uji kubus	53
Gambar 26. <i>Curing</i> Perendaman selama 28 hari	53
Gambar 27. Sampel air untuk pengujian <i>Leachate</i>	54
Gambar 28. Pengujian Kuat Tekan	55



Gambar 29. Pengujian leachate dengan alat AAS	57
Gambar 30. Scanning Electron Microscope (SEM)	60
Abu Cangkang Kelapa Sawit-Daun Teh	
Gambar 31. Grafik analisa saringan material pasir	61
Gambar 32. Rekapitulasi Berat Jenis Mortar	64
Gambar 33. Perbandingan Pengaruh air limbah tempat pencucian mobil sebagai campuran pada berat jenis mortar	65
Gambar 34. Perbandingan Pengaruh air limbah tempat pencucian mobil sebagai rendaman pada berat jenis mortar	66
Gambar 35. Rekapitulasi Kuat Tekan Mortar	68
Gambar 36. Perbandingan Pengaruh Air Limbah Tempat Pencucian Mobil Sebagai Campuran pada Kuat Tekan Mortar	69
Gambar 37. Perbandingan Pengaruh Air Limbah Tempat Pencucian Mobil Sebagai Rendaman pada Kuat Tekan Mortar	70
Gambar 38. Rekapitulasi Penyerapan Air	72
Gambar 39. Hasil Pengukuran pH pada Rendaman Mortar untuk Uji Lindi (leached)	75



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan kendaraan bermotor sangat wajar dikalangan masyarakat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistika (BPS) 2015 jumlah penggunaan kendaraan bermotor semakin meningkat. Tercatat pada tahun 2015 pengguna mobil berpenumpang sebesar 190.248 sedangkan untuk kendaraan roda dua atau sepeda motor sebanyak 1.062.943. Meningkatnya angka kendaraan bermotor ini juga menyebabkan tempat pencucian baik motor ataupun mobil semakin menjamur. Saat ini terdapat 20 *carwash* yang berada di seluruh kota Makassar.

Namun, selain dianggap dapat meningkatkan perekonomian serta meningkatkan pendapatan daerah, jasa pencucian mobil juga dapat memperburuk kualitas lingkungan. Hal ini dikarenakan air hasil pencucian mobil atau limbahnya tidak diolah terlebih dahulu, melainkan langsung dibuang ke saluran air atau badan air yang ada. Jika limbah tersebut dibuang dalam jumlah besar, maka kadar COD dan Surfaktan di badan air akan meningkat. Semakin banyaknya limbah hasil pencucian mobil yang masuk ke perairan, menandakan semakin banyaknya surfaktan yang mencemari dan mengakibatkan dampak-dampak seperti *self-purification* dari perairan yang tercemar zat tersebut menjadi menurun.

Salah satu perusahaan dibidang industri yang memanfaatkan cangkang Kelapa Sawit sebagai bahan bakar pada proses pembakaran boiler adalah PT. Fresindo Tirta Jaya yang merupakan anak perusahaan dari PT. Mayora Indah Tbk. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam produk minuman yang salah satu nya adalah teh pucuk. Ampas daun teh yang dihasilkan dari proses teh pucuk 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 proses 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.

Abu adalah residu non cair hasil pembakaran yang sebagian besar terdiri dari oksida logam. Abu yang dibiarkan pada lingkungan terbuka akan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Hal ini dikarenakan jika abu terkena air dan menyerap ke dalam tanah akan mencemari air tanah dan badan air disekitarnya. Selain itu abu yang dibiarkan diruang terbuka akan menjadi sumber pencemaran udara untuk kawasan disekitarnya.

Dalam hal memproduksi beton semen dan air sangat berperan penting. Namun penggunaannya dapat membahayakan baik lingkungan maupun manusia. Belakangan ini, konsumsi semen dunia mencapai angka 2,3 juta ton per tahun yang berarti sekitar 2,3 juta ton CO<sub>2</sub> telah dilepaskan ke atmosfer setiap tahunnya. Sedangkan penggunaan air industri pembuatan beton diperkirakan 9% air yang digunakan dalam semua industri dan 1,7% dalam penggunaan air global. Produksi beton mengkonsumsi 16.6 km<sup>3</sup> pertahunnya (berdasarkan nilai konsumsi beton pada tahun 2012). Pada tahun 2050 diperkirakan 75% dari permintaan air untuk produksi beton kemungkinan akan terjadi di wilayah yang diperkirakan akan mengalami kekurangan air (Sabbie A. Miller dkk, 2018).

Mengetahui hal tersebut sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengurangi penggunaan air dan semen. Pada penelitian kali ini air limbah pencucian mobil digunakan sebagai bahan substitusi air bersih dan abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh sebagai bahan tambahan substitusi semen. Selain untuk mereduksi penggunaan air bersih dan semen penggunaan dua bahan tersebut

untuk mereduksi pencemaran yang disebabkan oleh air limbah pencucian dan limbah abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh. Pada penelitian ini juga yang telah dibuat sebelumnya menggunakan air limbah dan limbah abu



cangkang Kelapa Sawit-daun teh ini memerlukan kajian dalam aspek lingkungan sehingga dilakukan pengujian lindi (*Leachate Test*) untuk mengetahui kadar logam yang terkandung didalamnya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa mortar yang telah dibuat aman dan tidak berbahaya baik untuk manusia dan lingkungan sekitar.

Berdasarkan Latar Belakang tersebut penulis melakukan penelitian dengan judul **“Kuat Tekan dan Karakteristik *Leachate* Mortar Berbahan Air Limbah Tempat Pencucian Mobil dan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh ”**

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diambil rumusan masalah,

1. Bagaimana pengaruh abu cangkang Kelapa Sawit dan ampas daun teh terhadap kekuatan mortar.
2. Bagaimana pengaruh air limbah sebagai campuran terhadap kekuatan mortar
3. Bagaimana pengaruh air limbah sebagai rendaman selama 28 hari terhadap kekuatan mortar.
4. Bagaimana karakteristik lindi pada mortar

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui efek penambahan limbah abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh terhadap kekuatan mortar.
2. Mengetahui kekuatan mortar yang menggunakan air limbah tempat pencucian mobil sebagai bahan campuran
3. Mengetahui kekuatan mortar yang direndam menggunakan air limbah tempat pencucian mobil



4. Mengetahui karakteristik lindi pada mortar
5. Mengetahui

#### **D. Batasan Masalah**

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

1. Mortar yang digunakan menggunakan abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh sebagai substitusi semen yang berbeda sesuai dengan variasi.
2. Air yang digunakan pada campuran mortar terdiri dari 2 jenis yaitu aquades dan air limbah tempat pencucian mobil.
3. Proses curing yaitu dengan cara mortar direndam selama 28 hari pada aquades dan air limbah tempat pencucian mobil.
4. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.
5. Pengujian *Leachate* dilakukan setelah mortar direndam selama 28 hari.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menciptakan komposisi mortar yang lebih ramah lingkungan dengan mensubstitusi semen dengan abu cangkang Kelapa Sawit dan ampas daun teh serta mensubstitusi air bersih dengan air limbah. Mengetahui kekuatan mortar yang menggunakan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh sebagai campuran mortar. Selain itu dapat mengetahui kekuatan mortar yang menggunakan air limbah baik sebagai campuran ataupun sebagai rendaman. Penelitian ini juga diharapkan dapat meresidu limbah

terutama limbah hasil perkebunan dan air limbah industri.



## **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, tujuan penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, dan manfaat penelitian 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 berisi teori yang menjadi acuan dan landasan pada penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

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

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil - hasil pengujian berat jenis, kuat tekan mortar, dan lindi.

### **BAB V PENUTUP**

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



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Air Limbah

##### 1. Pengertian Air Limbah

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia  $H_2O$ . Karena air mempunyai sifat yang hampir bisa digunakan untuk apa saja, maka air merupakan zat yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan (tumbuhan, hewan, dan manusia) sampai saat ini selain matahari yang merupakan sumber energi (Ariska Y., 2015).

Menurut Peraturan Pemerintah RI No.82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri. Berikut merupakan definisi air limbah dari berbagai sumber, sebagai berikut:

Air limbah atau yang lebih dikenal dengan air buangan ini merupakan :

- a. Limbah cair atau air buangan ( *waste water* ) adalah cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya yang biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan atau kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- b. Kombinasi dari cairan atau air yang membawa buangan dari perumahan, institusi, komersial, dan industri bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan.

...n dari masyarakat dan rumah tangga, industri, air tanah/permukaan serta ...an lainnya (kotoran umum).



- d. Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan biasanya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan/kehidupan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup.
- e. Semua air/zat cair yang tidak lagi dipergunakan, sekalipun kualitasnya mungkin baik (Kencanawati, 2016).

Menurut Notoatmodjo (2003), air limbah ini berasal dari berbagai sumber, secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

- a. Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic waste water*), yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.
- b. Air buangan industri (*industrial wastes water*), yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi. Zat-zat yang terkandung di dalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri, antara lain: nitrogen, sulfida, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut, dan sebagainya. Oleh sebab itu, pengolahan jenis air limbah ini, agar tidak menimbulkan polusi lingkungan menjadi lebih rumit.
- c. Air buangan kotapraja (*municipal wastes water*), yaitu air buangan yang berasal dari daerah: perkantoran, perdagangan, hotel, restoran, tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah, dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga.

Menurut Chandra (2006), volume air limbah yang dihasilkan pada suatu masyarakat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

...saan manusia makin banyak yang menggunakan air, makin banyak air yang dihasilkan.



b. Penggunaan sistem pembuangan kombinasi atau terpisah pada sistem kombinasi, volume air limbah bervariasi dari 80-100 galon atau lebih per kapita, sedangkan pada sistem terpisah volume limbah mencapai rata-rata 25-50 galon perkapita.

c. Waktu Air limbah tidak mengalir merata sepanjang hari, tetapi bervariasi bergantung pada waktu dalam sehari dan musim. Di pagi hari, manusia cenderung menggunakan air yang menyebabkan aliran air limbah lebih banyak, sedangkan di tengah hari volumenya sedikit dan di malam hari agak meningkat lagi (Nia Syofyasti, 2012).

## 2. Karakteristik Limbah Cair

Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui yaitu :

### a. Karakteristik Fisik

Sifat fisik suatu limbah ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperature. Sifat fisik ini beberapa diantaranya dapat dikenali secara visual tapi untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis laboratorium.

#### 1) Padatan

Dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun sifat inorganik tergantung dari mana sumber limbah. Disamping kedua jenis padatan ini ada lagi padatan yang dapat

karena mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya.



## 2) Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloidal yang terdiri dari kwartz, tanah liat, sisa bahan- bahan, protein dan ganggang yang terdapat dalam limbah.kekeruhan merupakan sifat optis larutan. Sifat keruh membuat hilang nilai estetikanya.

## 3) Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah terurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfide atau amoniak yang menimbulkan penciuman tidak enak bagi penciuman disebabkan adanya campuran nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indicator bahwa terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau ini akan lebih mudah menghindarkan tingkat bahaya yang ditimbulkannya dibandingkan dengan limbah yang tidak menghasilkan bau.

## 4) Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperature alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar pada suhu tinggi dan pembusukanjarang terjadi pada suhu rendah.

## 5) Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman, air dan buangan industri. Warna berkaitan dengan kekeruhan, dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan

yata. Demikian juga warna dapat disebabkan zat-zat terlarut dan zat  
si. Warna menimbulkan pemandangan yang jelek dalam air limbah  
a warna tidak menimbulkan sifat racun.



## b. Sifat Kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh BOD, COD, dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah.

### 1). BOD

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama dua hari reaksi lebih dari sebagian reaksi telah tercapai. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan ( mengoksidasikan ) semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagai tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai ini hanya merupakan jumlah bahan organik yang dikonsumsi bakteri. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri-bakteri menguraikan bahan-bahan organik bersamaan dengannya habis pula dikonsumsi oksigen.

### 2). COD

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisa BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya lebih tepat menggunakan analisa COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik sebagaimana pada BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik.



an

as methan terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi pada air limbah. Gas ini dihasilkan lumpur yang membusuk pada dasar

kolam, tidak berdebu, tidak berwarna dan mudah terbakar. Methan juga ditemukan pada rawa-rawa dan sawah. d. Keasaman air Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah menjadikan air steril dan sebagai akibatnya membunuh mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Limbah air dengan keasaman tinggi bersumber dari buangan yang mengandung asam seperti air pembilas pada pabrik pembuatan kawat atau seng.

#### 4). Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan air senyawa karbonat, garam-garam hidroksida, magnesium dan natrium dalam air. Tingginya kandungan zat tersebut mengakibatkan kesadahan dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air semakin sulit air berbuih.

#### 5). Lemak dan minyak

Kandungan lemak dan minyak yang terdapat dalam limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak bersumber dari proses klasifikasi dan proses perebusan. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput

#### 6). Oksigen terlarut

Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigenterlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Semakin banyak ganggang dalam air semakin tinggi kandungan oksigennya.

#### 7). Logam-logam berat dan beracun

Logam berat pada umumnya adalah metal-metal seperti copper, selter pada, air raksa, lead, chromium, iron dan nikel. Metal lain yang juga metal berat adalah arsen, selenium, cobalt, mangan, dan aluminium. Logam ini dalam konsentrasi tertentu membahayakan bagi manusia.



### c. Sifat Biologis

Bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawaan. Protein adalah salah satu senyawa kimia organik yang membentuk rantai kompleks, mudah terurai menjadi senyawa-senyawa lain seperti asam amino. Bahan yang mudah larut dalam air akan terurai menjadi enzim dan bakteri tertentu. Bahan ragi akan terfermentasi menghasilkan alkohol. Pati sukar larut dalam air, akan tetapi dapat diubah menjadi gula oleh aktifitas mikrobiologi. Bahan- bahan ini dalam limbah akan diubah oleh mikroorganismen menjadi senyawa kimia yang sederhana seperti karbon dioksida dan air serta amoniak.(Kencanawati, 2016).

### 3. Air Limbah Tempat Cuci Mobil

Menjamurnya usaha Pencucian Mobil di Indonesia adalah fenomena yang menarik. Semakin banyak mobil yang digunakan, maka usaha pencucian mobil merupakan peluang bisnis yang menjanjikan. Pemakaian air bersih pada usaha pencucian mobil adalah sekitar 4350 L/hari dengan asumsi terdapat 40 mobil yang dicuci setiap harinya. Seluruh air bersih yang digunakan dalam proses pencucian, akan menjadi air limbah yang selanjutnya dibuang ke lingkungan.



**Gambar 1.** Tempat Pencucian Mobil *PIT&GO*



Limbah cair hasil pencucian kendaraan bermotor akan dialirkan ke lingkungan sekitar lokasi usaha dan akan masuk ke badan air yang terdekat. Limbah cair ini akan menimbulkan pencemaran. Secara fisik pencemaran badan air oleh limbah cair deterjen dapat terlihat dengan adanya gelembung busa yang sangat banyak yang menunjukkan keberadaan bahan deterjen atau surfaktan anionik sebagai bahan utama. Rumus kimia dari surfaktan anionik ini adalah *Natrium dodekil sulfonat*:  $C_{12}H_{23}CH_2SO_3Na^+$  atau *Natrium dodekil benzensulfonat*:  $C_{12}H_{25}ArSO_3Na^+$

Cara bekerja zat deterjen atau surfaktan adalah dengan menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan yang dicuci. Surfaktan ini mempunyai zat aktif yang terdiri dari dua ujung yang berbeda yaitu yang bersifat *hydrophile* atau suka air dan bersifat *hydrophobe* atau suka lemak. Jenis-jenis deterjen ini antara lain ada yang bersifat anionik, seperti ABS, LAS, AOS (*alpha olein sulphonate*), bersifat kationik seperti garam amonium, bersifat nonionik seperti *nonyl phenol polyethoxyle*, dan bersifat *amphoterik* seperti *acyl ethylenediamines*. Disamping itu pada bahan deterjen ada bahan yang disebut builder untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari deterjen dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air. Senyawa ini antara lain adalah senyawa fosfat seperti *sodium tri poly phosphate/STTP*.

Meskipun deterjen bermanfaat untuk membersihkan kotoran dari permukaan, dalam hal ini permukaan kendaraan bermotor, namun ada dampak negatifnya bagi makhluk hidup, termasuk manusia dan lingkungan, jika konsentrasinya berlebihan. Jika limbah cair yang mengandung deterjen di buang ke lingkungan air tanpa diolah dulu maka akan menyebabkan berbagai hal negatif, yaitu air tersebut tidak cocok lagi untuk digunakan oleh manusia, seperti untuk air minum, meskipun sudah dimasak, dan untuk mandi. Lebih jauh lagi limbah

tersebut yang mengandung senyawa fosfat, akan merangsang han alga atau tanaman air secara berlebihan, sedemikian rupa sehingga



badan air tertutup oleh tumbuhan ini. Hal ini mengganggu pasokan oksigen untuk biota air seperti ikan dan lain-lain.

Limbah cair yang mengandung deterjen, yang merupakan derivatif zat organik akan menyebabkan meningkatnya *Chemical Oxygen Demand* (COD) atau *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan angka permanganat. Apabila limbah tersebut dibuang di badan air dalam jumlah besar dapat mengakibatkan kadar COD dan Surfaktan meningkat. COD dan surfaktan akan membentuk sistem koloid stabil yang dapat membuat air limbah menjadi keruh. Semakin meningkat COD dan surfaktan maka semakin keruh air limbah tersebut. Selain COD dan surfaktan adanya debu (padatan) dan pengotor lainnya juga meningkatkan kekeruhan air limbah. Deterjen dalam badan air juga terbukti merusak insang dan organ pernafasan ikan, sehingga toleransi terhadap kandungan oksigen yang rendah karena adanya deterjen di badan air menjadi berkurang pula. Apabila sungai menjadi tempat pembuangan limbah yang mengandung bahan organik, sebagian besar oksigen terlarut digunakan bakteri aerob untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi karbondioksida dan air. Dengan demikian kadar oksigen terlarut akan berkurang dengan cepat dan akibatnya hewan-hewan seperti ikan, udang dan kerang akan mati.

## **B. Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh**

### **1. Abu Cangkang Kelapa Sawit**

Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) merupakan salah satu hasil bumi terbesar di Bengkulu. Industri pengolahan minyak Kelapa Sawit dikembangkan oleh pemerintah daerah untuk meningkatkan nilai Kelapa Sawit. Proses ekstraksi Kelapa Sawit menjadi minyak sawit menghasilkan limbah padat. Salah satu limbah tersebut adalah abu cangkang Kelapa Sawit. Limbah ini dapat digunakan sebagai material pengganti semen dalam campuran beton (Martin & 2012)



Kelapa Sawit (*Elaeis*) adalah tumbuhan industri penting penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Buah terdiri dari tiga lapisan, antara lain:

- a. Eksoskarp, bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin
- b. Mesoskarp, serabut buah yang berwarna kuning
- c. Endoskarp, cangkang/tempurung sawit
- d. Inti sawit (kernel), merupakan endosperma dan embrio dengan kandungan minyak kualitas tinggi (kristianto dkk., 2016).

Cangkang sawit merupakan bagian paling keras pada komponen yang terdapat pada Kelapa Sawit. Produk samping dari pengolahan Kelapa Sawit adalah cangkang sawit yang asalnya dari tempurung Kelapa Sawit. Karakteristik dari cangkang Kelapa Sawit dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Karakteristik Cangkang Kelapa Sawit

Parameter	Hasil (%)
Kadar air (moisture in analysis)	7.8
Kadar abu (ash content)	2.2
Kadar yang menguap (volatile matter)	
Karbon aktif murni (fixed carbon)	69.5





**Gambar 2.** Kelapa Sawit dan Ampas Kelapa Sawit

Menurut Sutanto (2013) Pada bahan bakar cangkang ini terdapat berbagai kandungan antara lain: Dimana kandungan yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya. Antara lain : kalium (K) sebesar 7,5 %, natrium (Na) sebesar 1,1, kalsium (Ca) 1,5 %, klor (Cl) sebesar 2,8 %, karbonat ( $\text{CO}_3$ ) sebesar 1,9 %, nitrogen (N) sebesar 0,05 % posfat (P) sebesar 0,9 % dan silika ( $\text{SiO}_2$ ) sebesar 61 %. Bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar (Asri dkk.,2018).

Abu hasil pembakaran limbah Kelapa Sawit, sekam padi dan batang tebu mengandung unsur kimia  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang mampu menjadi bahan pengikat pada semen sehingga dikategorikan sebagai *Supplementary Cementitious Material* (SCM) (Jamizar, 2013). Penambahan SCM pada beton mampu meningkatkan kuat tekan, mengurangi penetrasi klorida dan menghambat laju korosi pada besi tulangan untuk jangka waktu yang lama. Hasil reaksi semen dan SCM mengisi pori-pori beton sehingga menjadi padat dan porositas berkurang (Asri dkk.,2018).



## 2. Abu Daun Teh

Menurut Somantri (2011), teh (*Camelia Sinesis*) berdaun kecil, dan mempunyai banyak cabang. Tanaman teh dapat tumbuh hingga mencapai 3 sampai 5 meter, tahan terhadap suhu dingin dan dapat terus menerus melakukan produksi sampai usia 100 tahun. Daun teh berwarna hijau tua mengkilat dengan bulu-bulu halus dan bunga berwarna putih kecil yang mempunyai lima sampai tujuh kelopak, sedangkan buahnya kecil menyerupai buah pala. Ada tiga jenis teh yang dihasilkan di Indonesia, yaitu; teh hitam, teh hijau, dan teh oolong. Teh hijau diperoleh tanpa proses fermentasi, teh hitam diperoleh melalui proses fermentasi, dan teh oolong diperoleh secara semi fermentasi (Fitri, 2015).



**Gambar 3.** Ampas Daun Teh

Menurut Lestari (2006) ampas teh mengandung protein kasar 27,42% (persen dalam berat kering), lemak 3,26%, kobalt 1,14%, fosfor 0,25%, dan serat kasar 20,39% (Fiberti, 2002). Ampas teh merupakan limbah pabrik pembuatan minuman teh, yang ketersediaannya banyak dengan jumlah produksi 166.000 ton/tahun dan saat ini belum banyak dimanfaatkan (Safiqah, Purbowati, & Rianto, 2010). Selama ini ampas teh hanya diolah kembali menjadi kompos. Ampas daun teh merupakan sisa dari teh yang telah mengalami proses pelarutan dengan air, sehingga serat yang tertinggal lebih dominan berupa serat tidak larut. Bajpai dan (2010) melaporkan ampas daun teh mengandung *selulosa* (37%), *lignin* (14%), dan *polifenol* (25%).



Komposisi kimia dalam 100 gram ampas teh menurut Nurcahyani (2006) yaitu pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Ampas Teh

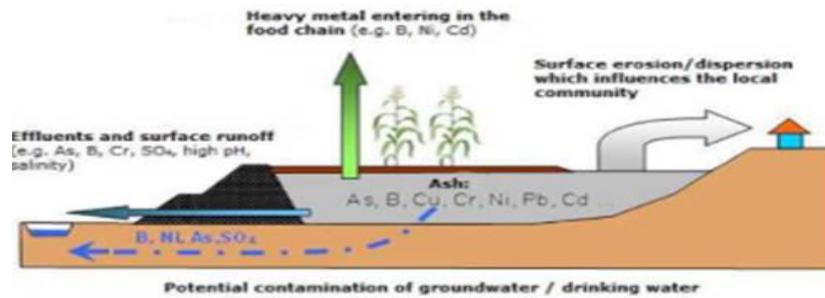
<b>Zat Gizi</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Bahan Kering	90,24
Abu	5,00
Lemak Kasar	0,42
Protein Kasar	18,40
Serat Kasar	21,73
BETN	54,45
Tanin *	2,98
NDF	52,26
ADF	43,56
Hemiselulosa	8,70
Selulosa	33,54
Lignin	8,41
Silika	1,61

(Sumber: Asri dkk.,2018).

### **3. Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit dan Daun Teh**

Cangkang kelapa sawit dan daun teh yang telah digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Masalah yang ditimbulkan dari sisa pembakaran pada boiler, yaitu abu dengan jumlah banyak dan belum dimanfaatkan. Limbah abu yang mengandung unsur logam ini jika terkena air abu-abu tersebut akan terserap ke air tanah dan mencemari sumber air tanah. Abu-abu yang telah terserap itupun akan terbawa oleh air dan mencemari badan air disekitarnya. Selain itu limbah abu ini jika hanya dibiarkan ditempat maka akan menjadi sumber pencemaran udara.





**Gambar 4.** Proses pencemaran akibat limbah abu

Untuk mereduksi limbah yang dihasilkan maka penting untuk menggunakan kembali limbah abu cangkang kelapa sawit-daun teh. Kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) pada abu sabut dan cangkang Kelapa Sawit masing-masing sebesar 59,1% dan 61%. Kandungan silika pada abu sabut dan cangkang Kelapa Sawit yang tinggi dapat digunakan sebagai sumber silika alternatif (Asri dkk.,2018)

## C. Mortar

### 1. Pengertian Mortar

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbeda. Perbandingan massa semen, pasir dan air yang sesuai untuk mortar yang memenuhi syarat adalah 1 : 2,75 : 0,5. Standar yang dipakai untuk pembuatan mortar yaitu SNI M-111-1990-03. Standar mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi spesi ataupun plasteran dinding sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur.

Mortar disebut juga plesteran. Kegunaan plester adalah melapisi pasangan batu bata, batu kali maupun batu cetak ( batako ) agar permukaannya tidak mudah terlihat rapi dan bersih. Pekerjaan memplester juga dilakukan pada pondasi, pasangan tembok dinding rumah, lantai batu bata, lisplang



beton, dan sebagainya. Menurut sifatnya plesteran dibedakan menjadi 3 macam yaitu:

1. Plesteran kasar.

Digunakan untuk melapisi permukaan batu bata atau pasangan batu belah yang tidak terlihat dari luar, misalnya tembok yang diatas rangka plafon.

2. Plesteran setengah halus atau setengah kasar.

Digunakan untuk permukaan lantai gudang, lantai lapangan olah raga, lantai teras, lantai kamar mandi dan sebagainya.

3. Plesteran halus.

Digunakan sebagai pelapis tembok-tembok rumah, dalam hal ini langsung berhubungan dengan keindahan dan kerapian pandangan.(Daryanto. 1994).

Fungsi utama mortar adalah menambah lekatan dan ketahanan ikatan dengan bagian-bagian penyusun suatu konstruksi. Kekuatan mortar tergantung pada kohesi pasta semen terhadap partikel agregat halusnya. Mortar mempunyai nilai penyusutan yang relatif kecil. Mortar harus tahan terhadap penyerapan air serta kekuatan gesernya dapat memikul gaya-gaya yang bekerja pada mortar tersebut. Jika penyerapan air pada mortar terlalu besar/cepat, maka mortar akan mengeras dengan cepat dan kehilangan ikatan adhesinya (Trysha amandania, 2015).

Tjokrodimuljo membagi mortar berdasarkan jenis bahan ikatnya menjadi empat jenis, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar semen dan mortar khusus.

1. Mortar lumpur

Mortar lumpur dibuat dari campuran air, tanah liat/lumpur, dan agregat halus. Perbandingan campuran bahan-bahan tersebut harus tepat untuk memperoleh adukan yang kelecakannya baik dan mendapatkan mortar (setelah keras) yang baik pula. Terlalu sedikit pasir menghasilkan mortar yang retak-retak setelah mengeras sebagai akibat besarnya susutan pengeringan. Terlalu banyak

nyebabkan adukan kurang dapat melekat dengan baik. Mortar lumpur ini untuk bahan dinding tembok atau bahan tungku api di pedesaan.

kapur



Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur, semen merah dan air. Kapur dan pasir mula-mula dicampur dalam keadaan kering kemudian ditambahkan air. Air diberikan secukupnya untuk memperoleh adukan dengan kelecakan yang baik. Selama proses pelekatan kapur mengalami susutan sehingga jumlah pasir yang umum digunakan adalah tiga kali volume kapur. Mortar ini biasa dipakai untuk perekat bata merah pada dinding tembok bata, atau perekat antar batu pada pasangan batu.

### 3. Mortar semen

Mortar semen dibuat dari campuran air, semen Portland, dan agregat halus dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume agregat halus berkisar antara 1 : 2 dan 1 : 8. Mortar ini lebih besar daripada mortar lumpur atau mortar kapur, oleh karena itu biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom, atau bagian bangunan lain yang menahan beban. Karena mortar semen ini lebih rapat air (dibandingkan dengan mortar lain sebelumnya) maka juga dipakai untuk bagian luar bangunan dan atau bagian bangunan yang berada dibawah tanah (terkena air).

### 4. Mortar khusus

Mortar khusus ini dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar (2) dan (3) di atas dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan asbestos fibres, jutes fibres (serat alami), butir – butir kayu, serbuk gergaji kayu, serbuk kaca dan lain sebagainya. Mortar khusus digunakan dengan tujuan dan maksud tertentu, contohnya mortar tahan api diperoleh dengan penambahan serbuk bata merah dengan aluminous cement, dengan perbandingan satu aluminous cement dan dua serbuk batu api. Mortar ini biasanya di pakai untuk tungku api dan sebagainya.

Menurut Tjokrodimuljo, K (2012) mortar yang baik harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

#### a. Murah.

lama.

dikerjakan (diaduk, diangkat, dipasang dan diratakan).

at dengan baik dengan bata, batu dan sebagainya.



- e. Cepat kering dan mengeras.
- f. Tahan terhadap rembesan air.
- g. Tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

Pemakaian mortar pada kondisi bangunan tertentu disyaratkan untuk memenuhi mutu adukan yang tertentu pula. Sebagai contoh untuk bangunan gedung bertingkat banyak diisyaratkan menggunakan mortar yang kuat tekan minimumnya 3,0 MPa.

Berdasarkan ASTM C270, *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*, mortar untuk adukan pasangan dapat dibedakan atas 5 tipe, yaitu :

- 1) Mortar Tipe M Mortar tipe M merupakan campuran dengan kuat tekan yang tinggi yang direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun pasangan tidak bertulang yang akan memikul beban tekan yang besar.
- 2) Mortar Tipe S Mortar tipe ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Karena keawetannya yang tinggi, mortar tipe S juga direkomendasikan untuk struktur pada atau di bawah tanah, serta yang selalu berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan mainhole.
- 3) Mortar Tipe N Tipe N merupakan mortar yang umum digunakan untuk konstruksi pasangan di atas tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan beban interior maupun eksterior. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kesesuaian yang paling baik antara kuat tekan dan kuat lentur, workabilitas, dan dari segi ekonomi yang direkomendasikan untuk aplikasi konstruksi pasangan umumnya.
- 4) Mortar Tipe O Mortar tipe O merupakan mortar dengan kandungan kapur tinggi dan kuat tekan yang rendah. Mortar tipe ini direkomendasikan untuk pasangan interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur, yang tidak di beku dalam II-3 keadan lembab atau jenuh. Mortar tipe ini sering digunakan untuk pekerjaan setempat, memiliki workabilitas yang baik dan yang ekonomis.



- 5) Mortar Tipe K Mortar tipe K memiliki kuat tekan dan kuat lekat lentur yang sangat rendah. Mortar tipe ini jarang digunakan untuk konstruksi baru, dan direkomendasikan dalam ASTM C270 hanya untuk konstruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur.

#### D. Material Penyusun Mortar

##### 1. Semen

Semen portland komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit. Semen ini dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

Semen Portland bersifat kimia dan fisika. Sifat kimianya yaitu kandungan  $SO_3$  maksimum 4%. Adapun sifat dan karakteristik semen portland yang bersifat fisika pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Syarat Fisika semen Portland Komposit

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1.	Kehalusan dengan alat <i>blaine</i>	$m^2/kg$	Min. 280
	Kekekalan dalam <i>autoclave</i>		
2.	- Pemuaian	%	Maks. 0,80
	- Penyusutan	%	Maks. 0,20
	Waktu pengikatan dengan jarum vicat	Menit	Min. 45
	- Pengikatan awal	Menit	Max. 375



	- Pengikatan akhir		
4.	Kuat tekan	Kg/cm <sup>2</sup>	Min 125
	- Umur 3 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min 200
	- Umur 7 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min 250
	- Umur 28 hari		
5.	Peningkatan semu		
	Penetrasi akhir	%	Min 50
6.	Kandungan udara dalam mortar	% volume	Maks. 12

Sumber: SNI 15-7064-2004

## 2. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil dari disintregasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batundan mempunyai ukuran butir 5 mm (SNI 03-2847-2002). Syarat-syarat agregat halus berdasarkan PBI 1971 N-2 adalah :

Syarat-syarat agregat halus berdasarkan PBI 1971 N-2 adalah :

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca , seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams- Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan aduk agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.



Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan harus memenuhi syarat-syarat berikut :

1. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
2. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
3. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
4. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu mortar, kecuali dengan petunjuk lembaga yang diakui.

Agregat yang dipakai untuk campuran adukan atau mortar harus memenuhi syarat yang ditetapkan dengan batasan ukuran agregat halus yang dapat dilihat pada **Tabel 4.** berikut:

**Tabel 4.** Gradasi agregat halus untuk adukan/mortar

No.	Saringan	Persen Lolos (%)	
	Diameter (mm)	Pasir Alam	Pasir Olahan
<b>4</b>	4,76	100	100
<b>8</b>	2,36	90-100	95-100
<b>16</b>	1,18	70-100	70-100
<b>30</b>	0,6	40-75	40-75
<b>50</b>	0,3	Okt-35	20-40
<b>100</b>	0,15	Feb-15	Okt-25
<b>200</b>	0,075	0	0-10

Sumber: SNI 03-6820-2002

Adapun Kegunaan agregat halus antara lain :

- a. Mengisi ruang antara butir agregat kasar.
- b. Memberikan kelecakan, berfungsi sebagai *ball bearing* . Kelecakan dalam arti menambah mobilitas sehingga mengurangi friksi antar butir agregat kasa. Makin banyak makin baik, namun dari sudut lain menyebabkan kebutuhan semensemakin banyak.



air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan ...  
 ... . Kualitas air mempengaruhi kekuatan mortar, maka kemurnian dan

kualitas air untuk campuran mortar perlu mendapat perhatian. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya, beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya.

Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (PUBI-1982), antara lain:

- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- 3) Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram / liter.
- 4) Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai  $SO_3$ .
- 5) Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi

#### **4. Superplasticizer**

*Admixture* (bahan tambah) didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen dan fiber yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan (ACI116R-2000). Partikel dengan gaya ikat permukaan akan mengumpul dan partikel yang tersebar karena efek pengurangan atau penghilangan gaya permukaan.

Efek *Superplasticizer* pada mortar dan beton segar yang dimanfaatkan kemampuannya untuk :  
meningkatkan *slump* dan *workability* (*slump* hingga 23 cm)  
mengurangi pemakaian air



- Mengurangi pemakaian semen

### E. Kuat Tekan

Kuat tekan mortar adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji mortar hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan merupakan sifat yang paling penting bagi mortar ataupun beton. Kuat tekan dimaksud sebagai kemampuan suatu material untuk menahan suatu beban tekan.

Berdasarkan SNI 03-6825-2002, kuat tekan mortar dapat dihitung dengan rumus :

$$f'm = \frac{p}{A} \quad (\text{Persamaan 1})$$

Keterangan :

$f'm$  = Kuat tekan mortar ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban ( $\text{mm}^2$ )

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan pasta dan mortar diantaranya adalah faktor air semen, jumlah semen, umur mortar, dan sifat agregat.

a. Faktor air semen (f a s)

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air dan berat semen dalam campuran pasta atau mortar. Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai f.a.s maka semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai f.a.s. yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai f.a.s. yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.



- b. Jumlah Semen Pada mortar dengan f.a.s sama, mortar dengan kandungan semen lebih banyak belum tentu mempunyai kekuatan lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah air yang banyak, demikian pula pastinya, menyebabkan kandungan pori lebih banyak daripada mortar dengan kandungan semen yang lebih sedikit. Kandungan pori inilah yang mengurangi kekuatan mortar. Jumlah semen dalam mortar mempunyai nilai optimum tertentu yang memberikan kuat tekan tinggi.
- c. Umur Mortar Kekuatan mortar akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur dimana pada umur 28 hari pasta dan mortar akan memperoleh kekuatan yang diinginkan.
- d. Sifat Agregat Sifat agregat yang berpengaruh terhadap kekuatan ialah bentuk, kekasaran permukaan, kekerasan dan ukuran maksimum butir agregat. Bentuk dari agregat akan berpengaruh terhadap *interlocking* antar agregat.

#### F. Lindi/*Leachate* pada Mortar

Hasil dari proses dekomposisi sampah organik akan menghasilkan air limbah yang sering disebut air lindi (*leachate*). Lindi mengandung bahan-bahan kimia, baik organik maupun anorganik mempunyai potensi menimbulkan pencemaran terhadap air tanah dan lingkungan, serta sejumlah bakteri patogen, yang dapat menyebabkan gatal-gatal pada kulit. (Simplisius,2011)

Bila bahan padat mengalami perlindian, porositas akan meningkat dan jumlah ion OH<sup>-</sup> akan terjadi penurunan larutan pori dan di dinding pori. Bila porositasnya mengalami kenaikan, air permeabilitas akan meningkat dan proses perlindian akan mengalami percepatan. Saat porositasnya mengalami kenaikan, kekuatan juga akan menurun. Bila permeabilitas di bagian beton mengalami peningkatan maka tekanan pori juga akan berubah. Tidak hanya kekuatan saja yang mengalami penurunan tetapi juga tekanan pori yang berubah dapat menurunkan bagian-bagian atau seluruh bendungan.



Proses *leaching* (lindi) pada mortar/beton umumnya terjadi akibat adanya moisture baik yang berasal dari dalam mortar/beton maupun akibat lingkungan. Air yang berada pada mortar/beton akan masuk ke inti mortar/beton melalui pori-pori. Proses hidrasi/pengikatan pada mortar/beton akan menghasilkan suatu beberapa senyawa seperti  $\text{Ca(OH)}_2$  dan *Calcium Silicate Hydroxide* (C-S-H) dan kapur (CaO). Senyawa-senyawa tersebut akan mudah bergerak ke permukaan mortar/beton dengan air melalui pori-pori sehingga mampu merusak permukaan mortar/beton dan mengakibatkan kerusakan. Selanjutnya senyawa-senyawa tersebut akan mengalami proses evaporasi dan membentuk suatu kristal putih pada permukaan beton/mortar (Faradilah S, 2017).

## G. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai air limbah sebagai bahan substitusi pada beton ataupun mortar sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Rony Candra Kusuma (2017) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan maksimum dan kuat tarik belah maksimum beton dengan cara beton perawatan limbah air batik dan beton menggunakan air limbah batik terhadap beton normal dengan umur beton 28 hari masing masing variasi dalam penelitian ini menggunakan fas 0,4 dan 0,5 setiap variasi di buat 3 sampel sehingga total sampel yang di buat adalah 36 benda uji. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berdasarkan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, kuat tekan dan kuat tarik belah rata-rata maksimal untuk beton normal sebesar 25,56 MPa untuk fas 0,4 sedangkan nilai kuat tarik didapatkan 2,74 untuk fas 0,4. Nilai kuat tekan dan tarik belah rata-rata maksimal untuk beton perawatan limbah air batik sebesar 24,43 MPa untuk fas 0,4, sedangkan nilai kuat tarik didapatkan 2,31 MPa untuk fas 0,4 terjadi penurunan 4,428% dan 15,517% dari kuat tekan dan tarik belah beton normal. Untuk kuat tekan dan tarik belah maksimal beton menggunakan air limbah sebesar 24,43 MPa untuk fas 0,4, sedangkan nilai kuat tarik didapatkan 2,01 MPa untuk



fas 0,4 atau terjadi penurunan 21,402% dan 26,724% dari nilai kuat tekan dan kuat tarik belah beton normal.

Penelitian selanjutnya yaitu Pemanfaatan Air Limbah Produksi Beton *Ready-Mix* Sebagai bahan campuran untuk pembuatan beton baru penelitian yang dilakukan oleh Slamet Widodo (2010). Penelitian dilakukan dengan menggunakan air limbah yang dihasilkan saat memproduksi beton. Air limbah dari proses produksi beton yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Jaya Readymix Yogyakarta masih dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, beton cenderung mengalami penurunan kuat tekan, yaitu berkisar antara 84% sampai 93% dari beton dengan air bersih. Sedangkan pada umur 28 hari kuat tekan yang dihasilkan dari beton dengan air limbah dari proses produksi beton mencapai 88% sampai 108%. Sehingga air limbah dari proses produksi beton masih bisa memenuhi syarat dalam prEN 1008 dan ASTM C94 untuk digunakan dalam pembuatan beton baru. Penggunaan air limbah dari proses produksi beton pada beton baru dapat mengurangi nilai daya serap zat cair pada beton itu sendiri. Nilai serapan air tanpa penambahan air limbah adalah 3,655%. Adapun nilai serapan air masing-masing variasi pada penambahan air limbah dari proses produksi beton 25% adalah 1,190%, untuk 50 % adalah 2,737%, untuk 75% adalah 1,462%, dan untuk 100 % adalah 1,457 %. Nilai penggunaan air limbah dari proses produksi beton yang optimal adalah 25% dari total volume air yang dibutuhkan. Hal ini didasarkan hasil uji kuat tekan yang mencapai 92,60% dari beton kontrol pada umur 7 hari, dan 107,225% pada umur 28 hari. Hasil uji serapan air dan koefisien sorptivitas juga menunjukkan bahwa dengan penggunaan air limbah sebesar 25%, diperoleh serapan air dan koefisien sorptivitas yang minimal.

Selanjutnya yaitu penelitian mengenai penggunaan abu cangkang Kelapa Sawit dan daun teh dalam produksi beton/mortar. Martin Lerry dkk. (2010) melakukan penelitian mengenai Perilaku Kuat Tekan Beton Dengan Abu Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen. Pada penelitian kali ini akan benda uji silinder, fas 0.5, dan slump 30-60. Penelitian ini mengganti sebagian besar berat semen dengan abu cangkang Kelapa Sawit-daun



teh sebesar 0%,5%, 10%, 15%, dan 20% dan juga menggunakan pasir laut dan pasir gunung. Kuat tekan menurun seiring bertambahnya persentase abu cangkang Kelapa Sawit. Penurunan terbesar pada beton dengan pasir gunung dan variasi 20% yaitu sebesar 40% dari beton normal. Pada penggunaan pasir laut terjadi pada variasi 20% dengan 45,19% dari beton normal.

Penelitian yang menggunakan limbah abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh dilakukan oleh Asri Djuriawan. Pada penelitian ini Benda uji yang digunakan yaitu beton dalam bentuk kubus dengan ukuran 15 cm untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari, serta beton bentuk kubus ukuran 10 cm untuk pengujian porositas dan penyerapan air pada umur 28 hari. Pada hasil pengujian berat jenis benda uji, terjadi penurunan dari beton normal hingga beton dengan penambahan abu Kelapa Sawit dan daun teh sebesar 30%, namun tetap memenuhi syarat beton normal yaitu 2.200 kg/m<sup>3</sup> – 2.500 kg/m<sup>3</sup> berdasarkan SNI 03-2847-2012. Pada hasil pengujian kuat tekan beton, nilai kuat tekan maksimal diperoleh pada benda uji dengan penambahan abu Kelapa Sawit dan daun teh sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 32,96 Mpa dan penyerapan air minimum sebesar 3,6%. Analisa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan melalui proses kalsinasi diperoleh nilai minimum sebesar 0,0112 sebanyak 30% pada penambahan abu Kelapa Sawit dan daun teh 30%.

Penelitian yang dilakukan yaitu mengenai penggunaan air limbah tempat pencucian mobil dan abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh yang akan digunakan sebagai bahan penambahan dimana, air limbah tempat pencucian mobil sebagai bahan substitusi untuk aquades dan abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh sebagai bahan substitusi untuk semen. Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai penggunaan air limbah sebagai bahan substitusi aquades pada mortar dan penggunaan abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh sebagai bahan substitusi semen pada mortar. Dalam penelitian kali ini dilakukan penelitian mengenai penggunaan air limbah sebagai bahan substitusi aquades pada mortar dan penggunaan abu cangkang Kelapa Sawit-daun teh sebagai bahan substitusi semen pada mortar dan efeknya terhadap kuat tekan dan karakteristik *leachate*

