

**PERBANDINGAN PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *SPENT BLEACHING EARTH* (SBE) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN
PADA APLIKASI BETON MUTU NORMAL SKALA PRODUKSI
(*Study kasus Batching Plant PT. Lazuardi Cahaya Perkasa*)**

(Tesis)

Oleh

**OTTO LAMBOK RAYA NABABAN
NPM 1920011003**



**PROGRAM STARATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PERBANDINGAN PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *SPENT BLEACHING EARTH* (SBE) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA APLIKASI BETON MUTU NORMAL SKALA PRODUKSI (*Study kasus Batching Plant PT. Lazuardi Cahaya Perkasa*)

Oleh

OTTO LAMBOK RAYA NABABAN

Dengan semakin meningkatnya Limbah Fly Ash dari Industri Pembangkit Listrik yang berbahan bakar Batubara dan Limbah Spent Bleaching Earth yang terus meningkatkan dimana kedua limbah tersebut masih sebagian besar penanganan Limbah dengan cara Landfill, maka diperlukan upaya untuk memanfaatkan Limbah tersebut (Reuse) agar dapat mengurangi Limbah yang dapat mencemari lingkungan dan sekaligus bermanfaat bagi kebutuhan masyarakat. Salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan limbah tersebut pada industry ready mix, dimana dari referensi hasil penelitian sebelumnya dengan skala laboratorium, dan juga sifat –sifat fisik dan kimia kedua limbah tersebut dari sumber data yang diperoleh dari penghasil limbah, memiliki kemiripan akan sifat pozolan, oleh karena itu dilakukan penelitian substitusi sebagian semen dengan menggunakan Fly ash dan juga Spent Bleaching Earth. Uji ini dilakukan pada skala produksi di Batching Plant PT. Lazuardi Cahaya Perkasa Palembang (Lmix) dimana hasil penelitian yang diperoleh dapat langsung diterapkan untuk pemanfaatan Limbah. Penelitian dilakukan dengan mensubstitusi semen dengan Fly ash sebesar 10 %, 15% dan 20%, demikian juga Spent Bleaching Earth dijadikan sebagai substitusi semen dengan pengurangan komposisi semen sebesar 10%, 15%, dan 20%. Dari hasil penelitian tersebut akan dibandingkan dengan beton yang tanpa perlakuan Limbah yang selama ini diproduksi setiap harinya oleh *Batching Plant*. Dari hasil yang diperoleh, untuk Slump Test baik itu *FA* dan *SBE* didapat rata-rata 10 cm, dimana nilai masih masuk dalam kategori memenuhi syarat untuk pondasi tapak bertulang dan plat pondasi dan kuat tekan yang ditargetkan 10 MPa (Beton Mutu Normal) untuk konsumen retail, dengan pemanfaatan Limbah tersebut tercapai pada *Fly Ash* dengan substitusi 15 % dan *SBE* pada substitusi 10%. Hasil ini sangat signifikan untuk pengurangan biaya produksi, dan juga jumlah tonase limbah yang akan termanfaatkan.

Kata Kunci : Fly ash, Spent Bleaching Earth, Pozolan, Slump Test, Kuat Tekan, Skala Produksi.

ABSTRACT

COMPARISON OF WASTE UTILIZATION OF FLY ASH AND SPENT BLEACHING EARTH (SBE) AS CEMENT SUBSTITUTION ON CONCRETE APPLICATION FOR NORMAL QUALITY IN PRODUCTION SCALE *(Case Study on Batching Plant, PT. Lazuardi Cahaya Perkasa)*

By

OTTO LAMBOK RAYA NABABAN

The increasing waste of Fly Ash Waste from the Coal-fired Power Generation Industry and Spent Bleaching Earth (SBE) from cooking oil production where the two wastes are still mostly handled by the Landfill method, makes many researchers to do more research to utilize this waste (reuse) in order to reduce the wastes spilled in land which can pollute the environment and with reuse the waste, it also make benefit the needs of society at the same time. One of the uses that can be made is to utilize this waste in ready mix industries. With reference to the results of previous research on a laboratory scale, as well as the physical and chemical properties of the two wastes from data sources obtained from waste producers, they have similarities in pozzolanic properties, therefore, a partial cement substitution was conducted using Fly ash and Spent Bleaching Earth. This test was carried out on a production scale at the Batching Plant of PT. Lazuardi Cahaya Perkasa Palembang (Lmix) where the research results obtained can be directly applied to waste utilization. The research was carried out by substituting cement with fly ash of 10%, 15% and 20% of cement content, likewise Spent Bleaching Earth was used as a cement substitution with a reduction in cement composition of 10%, 15% and 20%. The results of this study will be compared with concrete without waste treatment which has been produced every day by Batching Plants. From the results obtained, for the Slump Test, both FA and SBE, an average of 10 cm is obtained, where the value is still can be applied in the requirements for reinforced footings and plate foundations category and the targeted compressive strength is 10 MPa (Normal Quality Concrete) for retail consumers, by utilizing the waste achieved on Fly Ash with 15% substitution and SBE at 10% substitution. This result is very significant for reducing production costs, as well as the amount of tonnage of waste that will be utilized.

Keywords : Fly ash, Spent Bleaching Earth, Pozzolan, Slump Test, Compressive Strength, Production Scale.

**PERBANDINGAN PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *SPENT BLEACHING EARTH* (SBE) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN
PADA APLIKASI BETON MUTU NORMAL SKALA PRODUKSI
(*Study kasus Batching Plant PT. Lazuardi Cahaya Perkasa*)**

Oleh

OTTO LAMBOK RAYA NABABAN

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER LINGKUNGAN

Pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Pascasarjana Multidisiplin Universitas Lampung**



**PROGRAM STARATA 2
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Tesis : **PERBANDINGAN PEMANFAATAN
LIMBAH FLY ASH DAN SPENT
BLEACHING EARTH (SBE) SEBAGAI
SUBSTITUSI SEMEN PADA APLIKASI
BETON MUTU NORMAL SKALA
PRODUKSI (Study kasus Batching Plant
PT. Lazuardi Cahaya Perkasa)**

Nama Mahasiswa : **Otto Lambok Raya Nababan**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1920011003**

Program Studi : **Magister Ilmu Lingkungan**

Fakultas : **Pascasarjana Multidisiplin**



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T.
NIP 19720825000032001

Dr. Ir. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.
NIP 197001291995121001

Rinawati, Ph.D.
NIP 197104142000032001

**2. Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung**

Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.
NIP. 196105051987031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

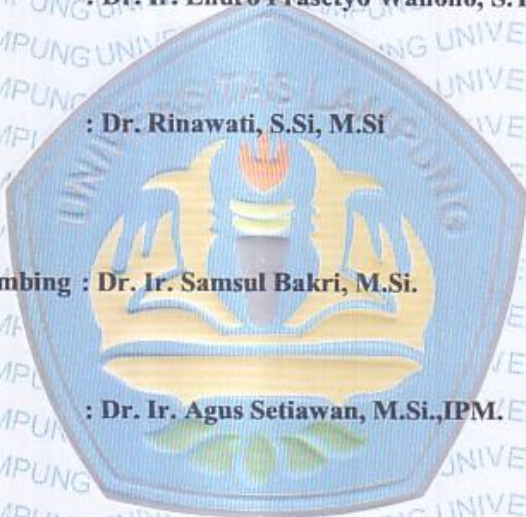
Ketua : Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., M.T.

Sekretaris : Dr. Ir. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc.

Anggota : Dr. Rinawati, S.Si, M.Si

**Penguji
Bukan Pembimbing** : Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.

Anggota : Dr. Ir. Agus Setiawan, M.Si.,IPM.



2. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP.196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 12 Juni 2023

PENYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahawa:

1. Tesis dengan judul **“PERBANDINGAN PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH DAN SPENT BLEACHING EARTH (SBE) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA APLIKASI BETON MUTU NORMAL SKALA PRODUKSI (Study kasus Batching Plant PT. Lazuardi Cahaya Perkasa)”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2023
Yang membuat pernyataan,



Otto Lambok Raya Nababan
NPM 1920011003

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Palembang pada tanggal 27 Oktober 1974, merupakan anak keempat dari Lima saudara, pasangan Bapak T. Arifin Nababan (+) dan Ibu Ramena Batubara. Pendidikan penulis dimulai dari Selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan di SD Xaverius III Palembang pada tahun 1987, SMP Xaverius III Palembang pada tahun 1990, serta SMA Negeri 5 Palembang lulus pada tahun 1993. Selanjutnya melanjutkan ke Universitas Sriwijaya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia dan lulus pada tahun 1999 dengan judul skripsi “ Prarencana Pabrik Etanol”.

Selanjutnya memulai karir di PT. Bumi Sriwijaya sebagai *Engineer* untuk *Chemtreat Water Treatment Chemicals* (2000 – 2002), berpindah ke PT. Indokomponen Sistem Fluida sebagai *Engineer* untuk *Valve and Fitting Swagelok products* (2002-2003), selanjutnya berpindah ke PT. Delta Djakarta Tbk sebagai *Supervisor* hingga menjadi *Manager* (2004-2015), selanjutnya berpindah ke PT. Cakrawala Mega Indah (*Asia Pulp & Paper sinarmas company group*) dari tahun 2015 hingga 2018 sebagai *Manager* wilayah Sumbagsel, dan saat ini berkarir di PT. Baturaja Multi Usaha (anak perusahaan PT. Semen Baturaja, Tbk) sebagai *Senior Manager Sales and Warehouse* pada agustus tahun 2018 hingga saat ini.

Pada September 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan pada tahun tersebut. Penulis turut aktif dalam kegiatan penelitian dan turun lapangan bersama para dosen.

PERSEMBAHAN

Ibunda tercinta Ramena Batubara, yang selalu memotivasi dan mendukung agar segera dapat menyelesaikan pendidikan Magister, juga ayahanda tercinta T. Arifin Nababan walaupun telah tiada, dan Istri tercinta Sherly Gustria dan anak-anak (Michael Kenzo Oswald, Cherisa Olivia, Josephine Liliana, Naomi Sheriama) yang turut mendukung dan menyenangkan hati, juga abang Denny Lambas sekeluarga, kakak Apriyanti sekeluarga, abang Leononna Pardamean sekeluarga dan adik Hotma Jaya sekeluarga, yang turut serta memotivasi dan mendukung penyelesaian tesis ini.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat rahmat dan pertolonganNya, penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Perbandingan Pemanfaatan Limbah Fly Ash dan Spent Bleaching Earth sebagai substitusi Semen pada aplikasi Beton Mutu Normal Skala Produksi (Studi Kasus di PT. Lazuardi Cahaya Perkasa)” dimana sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Ilmu Lingkungan di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Atas hal tersebut, penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Ibu Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, ST, MT., selaku pembimbing utama dan pembimbing akademik penulis yang telah bersedia membimbing, mengarahkan, memberikan saran, masukan, waktu, serta pemikirannya dan tak jemu jemu selalu mendukung dalam proses menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Endro Prasetyo Wahono, S.T., M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, nasihat, dukungan, serta motivasi dalam penulisan tesis ini.
3. Bapak Dr .Rinawati, S.Si, M.Si, selaku pembimbing ketiga yang telah memberikan saran, bantuan, motivasi, rujukan, pemikiran kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si., selaku penguji pertama dan Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Fakultas Pascasarjan Multidisiplin Universitas Lampung, yang telah memberikan masukan, saran, kritik membangun, dan dukungan penuh atas penyelesaian penulisan tesis ini.
5. Bapak H. Dr. Ir. Agus Setiawan, M.Si.,IPM, selaku penguji kedua yang telah memberikan masukan, saran, kritik membangun, dan dukungan atas penyempurnaan penelitian pada tesis ini.

6. Bapak Syahrianto, Direktur Utama PT. Lazuardi Cahaya Perkasa Palembang, yang memnberikan izin dan mendukung pelaksanaan penelitian dan Ibu Rara Eka Dyla Putri, ST.,MT., selaku Pimpinan Produksi dan Laboratorium PT. Lazuardi Cahaya Perkasa, Palembang, yang membantu dalam proses penelitian dan selalu mendukung dalam pemberian data dan mendampingi dalam proses penelitian skala produksi.
7. Ibunda tercinta Ramena Batubara, yang selalu selalu memotivasi dan mendukung agar segera dapat menyelesaikan pendidikan Magister, juga ayahanda tercinta T. Arifin Nababan walaupun telah tiada, dan Istri tercinta Sherly Gustria dan anak anak (Michael Kenzo Oswaldo, Cherisa Olivia, Josephine Liliana, Naomi Sheriama) yang turut mendukung dan menyenangkan hati, juga abang Denny Lambas sekeluarga, kakak Apriyanti sekeluarga, abang Leononna Pardamean sekeluarga dan adik Hotma Jaya sekeluarga, yang turut serta memotivasi dan mendukung penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis akan menerima saran dan kritik yang bersifat membangun agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Juni 2023
Penulis

Otto Lambok Raya Nababan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	7
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	7
1.5. Kerangka Penelitian	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Beton	10
2.2. <i>Fly Ash</i>	14
2.3. <i>Spent Bleaching Earth</i>	16
2.4. <i>Pozzolanic Material</i> (Bahan Pozolan)	20
2.5. Berbagai Macam Teknik Pengujian Beton	21
III. METODE PENELITIAN	24
3.1. Lokasi dan waktu Penelitian	24
3.2. Alat Penelitian.....	24
3.3. Bahan Penelitian	25
3.4. Metode Pelaksanaan.....	26
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil	30
4.2. Analisa statistic dengan menggunakan uji Independent T Test.....	40
V. SIMPULAN	44
A. Simpulan	44
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Kandungan Fly Ash dan Spent Bleaching Earth.....	6
2,1. Komposisi Portland	13
2.2 <i>Mix Design</i> Beton	14
2.3. Komposisi kandungan SBE	17
2.4. Karakteristik <i>Bleaching Earth</i> dan <i>Spent Bleaching Earth</i>	18
2.5. Karakteristik Kimia <i>Spent Bleaching Earth</i>	18
2.6. Karakteristik <i>Spent Bleaching Earth</i> (SBE) (% berat)	19
3.2. Variasi Benda Uji dengan substitusi semen dengan <i>Fly Ash</i>	27
3.3. Variasi Benda Uji dengan substitusi semen dengan SBE.....	28
4. 1. Komposisi Fc 10 pada PT. Lazuardi Cahaya Perkasa	36
4.2. Variasi Pengujian Beton FA.....	36
4.3. Hasil Uji Slump dengan FA	37
4.4. Variasi Pengujian Beton SBE	39
4.5. Hasil Uji Slump SBE	39
4.6.. Hasil Uji kuat Tekan pada 7 Hari, 14 Hari dan 28 Hari untuk Substitusi sebagian semen dengan SBE	40
4.7. Data gabungan nilai rata –rata FA dan SBE	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bin penampung aggregate dan Silo penampung semen	30
2. Control Panel untuk pengaturan aggregate dan semen	31
3. Fly ash / SBE yang ditimbang	31
4. FA/SBE dituangkan ke truk molen	32
5. Persiapan untuk benda uji	32
6. Pengukuran Slump Test	33
7. Pengisian Benda Uji	33
8. Curing Benda Uji	34
9. Penimbangan dan Test Kuat Tekan Benda Uji	34
10. Grafik Kuat Tekan benda Uji dengan FA	38
11. Grafik Kuat Tekan benda Uji dengan SBE	40

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah pemakaian semen dalam pembuatan beton mengakibatkan jumlah emisi gas CO₂ ke atmosfer juga meningkat. Peningkatan emisi gas CO₂ ke atmosfer meningkatkan masalah efek rumah kaca dan menjadi penyebab peningkatan pemanasan global. Penggantian sebagian atau secara total semen dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan dalam proses pembuatan beton menjadi pilihan alternatif. Meskipun semen - bahan utama dalam beton - telah membentuk banyak lingkungan kita, material itu juga memiliki jejak karbon yang sangat besar. Semen adalah sumber dari sekitar 8% emisi karbon dioksida (CO₂) dunia, menurut lembaga penelitian Chatham House. Jika industri semen adalah sebuah negara, dia akan menjadi penghasil emisi terbesar ketiga di dunia - di belakang Cina dan AS. Dia menghasilkan CO₂ lebih banyak daripada bahan bakar pesawat udara (2,5%) dan tidak jauh di belakang industri agrikultur global (12%).

Para pemimpin industri semen berada di Polandia untuk menghadiri konferensi perubahan iklim PBB - COP24 - untuk membahas cara-cara memenuhi persyaratan Perjanjian Paris tentang perubahan iklim. Untuk melakukan ini, emisi tahunan dari semen harus turun setidaknya 16% pada tahun 2030.

Selain itu, salah satu upaya mengurangi pemakaian semen, saat ini telah banyak dilakukan penelitian dengan mengoptimalkan pemanfaatan Limbah Fly ash yang dihasilkan oleh industri pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan baku batubara, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). General Manager PT Indonesia Power Suralaya PGU Rahmad Handoko mengatakan, "Dalam sehari PLTU Suralaya mengonsumsi 40 ribu ton (batu bara), maka FABA yang dihasilkan sebesar 600 ribu ton (per tahun)," ungkapnya saat berada di PLTU Suralaya, Banten, Rabu (20/4/2022). Rahmad menjelaskan, limbah FABA yang dihasilkan dimanfaatkan menjadi paving blok, lintas jalan, jalan beton yang berada di samping kawasan Ecopark PLTU Suralaya dan lainnya. Indonesia Power juga berencana menghasilkan produk-produk turunan bottom ash untuk substitusi dari pembuatan bata merah yang

bisa digunakan pelaku usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM). Hal ini menjadi acuan untuk dilakukan penelitian pemanfaatan fly ash untuk diterapkan di industri penghasil beton (readymix). Beberapa Jurnal Penelitian yang telah memanfaatkan Fly ash sebagai substitusi sebagian semen adalah sebagai berikut :

Judul Penelitian	Peneliti	Pemanfaatan Limbah
Pengaruh Kadar Abu Terbang sebagai pengganti semen pada Beton mutu Tinggi	Surya Sebayang, 2010	FA sebagai substitusi Semen
Pemanfaatan Fly Ash sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen pada Beton Memadat Sendiri	Ngudiyono, Jan 2022	FA sebagai substitusi Semen
Fly Ash sebagai bahan pengganti Semen pada Beton	Mira Setiawati, Okt 2018	FA sebagai substitusi Semen
Kajian Pemanfaatan Fly Ash sebagai pengganti Semen pada Beton Geopolimer.	Fadhel Allam Alpihto, Euneke widyaningsih, Mei 2021	FA sebagai substitusi Semen
Fly Ash sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan	Indrayani, Jessica Delvianty, Mutiara Sel, dkk, Nov 2019	FA sebagai substitusi Semen
Investigasi Ketahanan Beton dengan Fly Ash sebagai pengganti semen	Ahmad syamsul Bahri, 2010	FA sebagai substitusi Semen

Sementara itu, di wilayah Lampung warga kelurahan Komerling Agung Gunung Sugih telah mengeluhkan Limbah Fly ash yang dihasilkan PLTU di daerah tersebut yang mencemari lingkungan warga. Limbah dari PLTU milik PT Sepoetih Daya Prima tidak dibuang, melainkan ditimbun yang volumenya mencapai 35.000 ton. BeberTerlebih saat limbah diguyur hujan akan menghanyut ke lingkungan warga dan dana CSR perusahaan kepada masyarakat juga tidak ada. Keresahan masyarakat memuncak pada february 2018 dengan menggelar aksi pencegatan truk pengangkut batubara yang hendak masuk ke area perusahaan tersebut. Namun hasil kesepakatan untuk membuang limbah fly ash sebesar 7.000 ton belum dipenuhi, sementara limbah perusahaan tersebut ada 35.000 ton (sumber : antara news, maret 2018). Namun

sesuai Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Limbah batu bara yaitu *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) saat ini tidak lagi terdaftar pada kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pada peraturan tersebut, FABA masuk dalam kategori limbah non-B3.

FABA merupakan limbah yang timbul dari pembakaran batu bara. Biasanya pembakaran batu bara tersebut dipakai untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). *Fly ash* atau abu layang adalah abu hasil pembakaran batu bara yang melayang ke atas, sementara *bottom ash* adalah abu hasil pembakaran yang jatuh ke bawah. Kandungan dari FABA itu sendiri bergantung pada jenis mineral yang ada pada batu bara. Contoh kandungan mineral batu bara antara lain adalah karbon, oksigen, hydrogen, atau kandungan mineral dan senyawa lain seperti silika. Dampak FABA pada lingkungan dan masyarakat bergantung dari jumlah limbah dan kandungan toxic atau racun di dalamnya. FABA dalam jumlah besar dan tidak dikelola dengan baik akan dapat menyebar di lingkungan luas, masuk ke dalam air, udara, dan atau tanah sehingga berbahaya. Salah satu penyakit akibat FABA adalah gangguan pada sistem pernapasan. Adapun durasi munculnya gangguan pada sistem pernapasan akibat FABA tersebut tergantung pada jumlah atau konsentrasi FABA yang masuk dalam tubuh dan durasi terpapar. Penyakit lain yang mungkin timbul adalah silicosis, yaitu penyakit yang timbul akibat silica yang berlebihan di dalam tubuh.

Ketika FABA masih masuk dalam kategori limbah B3, maka limbah FABA perlu dikelola secara khusus. Aturan mengenai pengelolaan limbah B3 tersebut dulunya diatur pada PP No 101 tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. PP tersebut kemudian dicabut dan diganti dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Untuk mengelola limbah B3 harus memiliki izin. Sementara limbah non B3 dapat dimanfaatkan untuk pembuatan suatu produk. Ketika FABA dikeluarkan dari daftar limbah B3 dan dimasukkan pada kategori limbah non B3, FABA memang memiliki karakteristik yang dapat dijadikan sebagai campuran bahan bangunan seperti paving dan batako. Namun, penggunaan FABA untuk campuran tersebut masih perlu dilakukan uji kelayakan baik dari segi fisik, kimia, maupun mekanik. Sebelum

FABA dipakai untuk produksi bahan bangunan, perlu dilakukan uji seperti uji TCLP (*toxicity characteristic learning procedure*) untuk memastikan apakah kandungan pada bahan bangunan yang terkandung FABA tersebut berbahaya atau tidak. Pengeluaran suatu limbah B3 menjadi limbah non B3 harus melalui suatu prosedur yang sebelumnya sudah diatur oleh pemerintah pada PP No.101 Tahun 2014.

Selain pemanfaatan *Fly ash*, upaya untuk melakukan substitusi semen saat ini mulai melakukan pemanfaatan limbah B3 menggunakan material limbah padat hasil pengolahan Pabrik Sawit sebagai campuran beton pengganti agregat halus. Hal ini dikarenakan perusahaan sawit (PT. Sinar Mas Agro Resources And Technology (SMART) Tbk Surabaya dengan kapasitas produksi 600 ton per hari) menghasilkan limbah padat *Spent Bleaching Earth* (SBE) mencapai 700 Ton dalam satu bulan (onesearch.id, 2016). *Spent Bleaching Earth* (SBE). berdasarkan Lampiran I PP No. 101 Tahun 2014 Tabel 4, SBE termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber spesifik khusus dengan kategori bahaya 2. Industri menyediakan TPS di area pabrik dan melimpahkan pengelolaan limbah tersebut ke vendor pengelolaan Limbah B3. *Spent Bleaching earth* (SBE) terdiri dari beberapa jenis antara lain: Ca-bentonit, *simnit* dan arang aktif. Pada umumnya industri *refinery* minyak nabati di Indonesia menggunakan Ca-bentonit sebagai *bleaching agent* pada proses *bleaching Crude Palm Oil* (CPO). Bentonit atau $(\text{MgCa})\text{OAl}_2\text{O}_35\text{SiO}_28\text{H}_2\text{O}$ adalah jenis mineral lempung, dengan komposisi kimianya $\pm 80\%$ terdiri dari mineral *monmorillonite* (pembangun struktur bentonit) (Na.Ca) 0,33, $(\text{Al.Mg})_{12}\text{Si}_4\text{O}_{10}$, $(\text{OH})_2.n\text{H}_2\text{O}$ (Rouquerol, 1999). Bahan galian ini bersifat lunak, dengan tingkat kekerasan satu pada skala Mohs, berat jenisnya berkisar antara 1,7–2,7, mudah pecah, terasa berlemak bila dipegang, mempunyai sifat mengembang apabila kena air (Szostak, 1992). Beberapa penelitian sejenis telah dilakukan oleh Kurniasari (2008); Silitonga (2008); Syamsiah (2008); Li et al (2014) telah mempelajari konsentrasi unsur-unsur logam berat pada limbah dapat diturunkan dengan metode solidifikasi. Pada penelitian lain Asavapisit et al., (2001); Mohamed (2011); Susanti (2011), Dewi et al (2016), Dermawan dan Ashari (2016) telah dijelaskan penambahan debu silika dapat meningkatkan nilai kuat tekan campuran beton. Selain itu beberapa peneliti juga melakukan penelitian untuk mengganti aggregate halus dengan Spent Bleaching Earth (SBE) dalam campuran beton antara lain sebagai berikut :

Judul Penelitian	Peneliti	Pemanfaatan Limbah
Pemanfaatan Limbah Padat Spent Bleaching Earth pada PT. SMART Tbk. Surabaya Sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton	Moch. Luqman Ashari, Denny Dermawan, Refin Bagus Sunarya, 2017	SBE sebagai substitusi aggregate halus
Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth (SBE) dari Industri Pengolahan Minyak Kelapa Sawit pada Aplikasi Bata Beton	Agung Sumarno, Eko Widodo, Ananto Nugroho, Triastuti, dan Lisman Suryanegara, Sept 2017	SBE sebagai substitusi aggregate halus
Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth (SBE) untuk Beton Ringan sebagai Material Konstruksi yang Ramah Lingkungan	Agus Mudo Prasetyo, Agung Sumarno, Jan 2022	SBE sebagai substitusi aggregate halus

Selain dari data primer yang diperoleh untuk penelitian ini, didapat perbandingan komposisi *Fly ash* dan *Spent Bleaching Earth (SBE)* memiliki kemiripan kandungan sebagai *pozzolan* dimana *Pozzolan* adalah suatu material tambahan yang berasal dari alam dan batuan, yang sebagian besar memiliki kandungan senyawa silika (Si) dan alumina (Al), dimana *pozzolan* mampu bereaksi terhadap senyawa Ca(OH)_2 hasil dari reaksi hidrasi antara semen dan air. *Pozzolan* sendiri tidak memiliki sifat semen. Tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air (Mulyati, 2012). Berdasarkan ASTM C-618 (Tabel 2.1), suatu material dapat memiliki sifat *pozzolanic* apabila memiliki kandungan senyawa SiO_2 , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 minimum 70%. Senyawa SiO_2 memegang peranan lebih penting dibandingkan dua senyawa lainnya, dikarenakan senyawa SiO_2 mampu bereaksi dengan Ca(OH)_2 membentuk CSH yang mampu meningkatkan kekuatan campuran beton. Data yang diperoleh dari sumber penghasil limbah *Fly ash* dan *Spent Bleaching Earth*, dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 1.1. Kandungan Fly Ash dan Spent Bleaching Earth

Variabel	Fly ash - C (%)	Spent Bleaching Earth (%)
SiO ₂	53,05	58,62
Al ₂ O ₃	16,62	11,28
Fe ₂ O ₃	15,38	8,04
TiO ₂	0,73	1,42
CaO	15,18	7,86
MgO	7,52	4,03
K ₂ O	1,35	1,08
Na ₂ O	2,97	0,25
P ₂ O ₃	0,25	2,74
SO ₃	1,63	4,52
MnO ₂	0,17	0,20
ZnO	0	0,33

Sumber : Hasil analisa PLTU Sembalang (FA) dan PT. Domus Raya (SBE)

Dari hasil table diatas, dapat terlihat bahwa ke 2 limbah, memiliki kandungan yang memenuhi syarat yaitu 70 % sebagai pozolan. Oleh karena itu ke 2 jenis limbah ini dapat dilakukan uji perbandingan kuat tekan yang dihasilkan sebagai bahan substitusi semen.

Disisi lain, dari data yang diperoleh dari pelanggan PT. Semen Baturaja (Persero) tbk yang didistribusikan melalui anak perusahaan PT. Baturaja Multi Usaha, khususnya pelanggan Batching Plant yang memproduksi beton (readymix), menunjukkan tidak satupun yang memanfaatkan Limbah FA ataupun SBE, sehingga hal ini menjadi perhatian peneliti, mengapa belum dilakukan upaya untuk memberi informasi dan kepercayaan kepada pemilik Usaha, untuk mengimplementasikan pemakaian FA ataupun SBE pada produksi beton. Selain mendukung program pemerintah, dalam melestarikan lingkungan hidup dan juga memanfaatkan limbah, maka sektor produksi beton menjadi kontributor besar dalam pemanfaatan Limbah FA ataupun SBE, dan dengan pemanfaatan ini justru meningkatkan keuntungan perusahaan yang cukup signifikan. Karena informasi yang diterima dari pelanggan dari PT Baturaja Multi Usaha, dimana PLTU dan juga perusahaan pabrik minyak goreng yang ada di Sumatera Selatan dan Lampung, bersedia memberikan subsidi biaya, bagi industry pemanfaat Limbahnya. Dan berdasarkan hasil data analisa kandungan FA dan SBE yang diterima, maka secara komposisi kimia, masih

kandungan yang tidak jauh beda, dan didapat juga 3 unsur pembentuk pozolan, telah memenuhi pada kandungan FA dan SBE.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan rangkuman latar belakang di atas yaitu :

- Makin bertambah banyaknya *Limbah Fly ash* dan *Spent Bleaching Earth* yang pengelolaan masih menggunakan metode landfill.
- Adanya penelitian –penelitian pembuatan beton dengan memanfaatkan limbah fly ash sebagai substitusi sebagian semen dan juga Limbah *Spent Bleaching Earth* sebagai substitusi aggregate halus.
- Adanya kesamaan sifat pozolan pada *Limbah Fly ash* dan *Spent Bleaching Earth*.
- Belum adanya penerapan pemanfaatan *Limbah Fly ash* dan *Spent Bleaching Earth* pada perusahaan penyedia readymix (Batching plant) di Lampung dan Palembang.
- Upaya pelaku usaha untuk dapat mengurangi Harga pokok produksi dengan menekan konsumsi semen.

maka dirumuskan masalah :

- Berapakah komposisi *Limbah Fly ash* dan *Spent Bleaching Earth* yang optimal sebagai substitusi semen untuk mencapai mutu beton normal.
- Manakah yang lebih efisien dalam pemanfaatan limbah tersebut untuk diterapkan dalam pembuatan beton mutu normal dalam skala produksi di batching plant.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan komposisi optimal pemanfaatan limbah *Fly Ash* dan *Spent Bleaching Earth* sebagai substitusi semen pada aplikasi beton mutu normal.
2. Dapat meyakinkan ke pemilik usaha readymix untuk melakukan efisiensi bahan baku semen, juga kesadaran untuk turut mendukung pelestarian lingkungan.

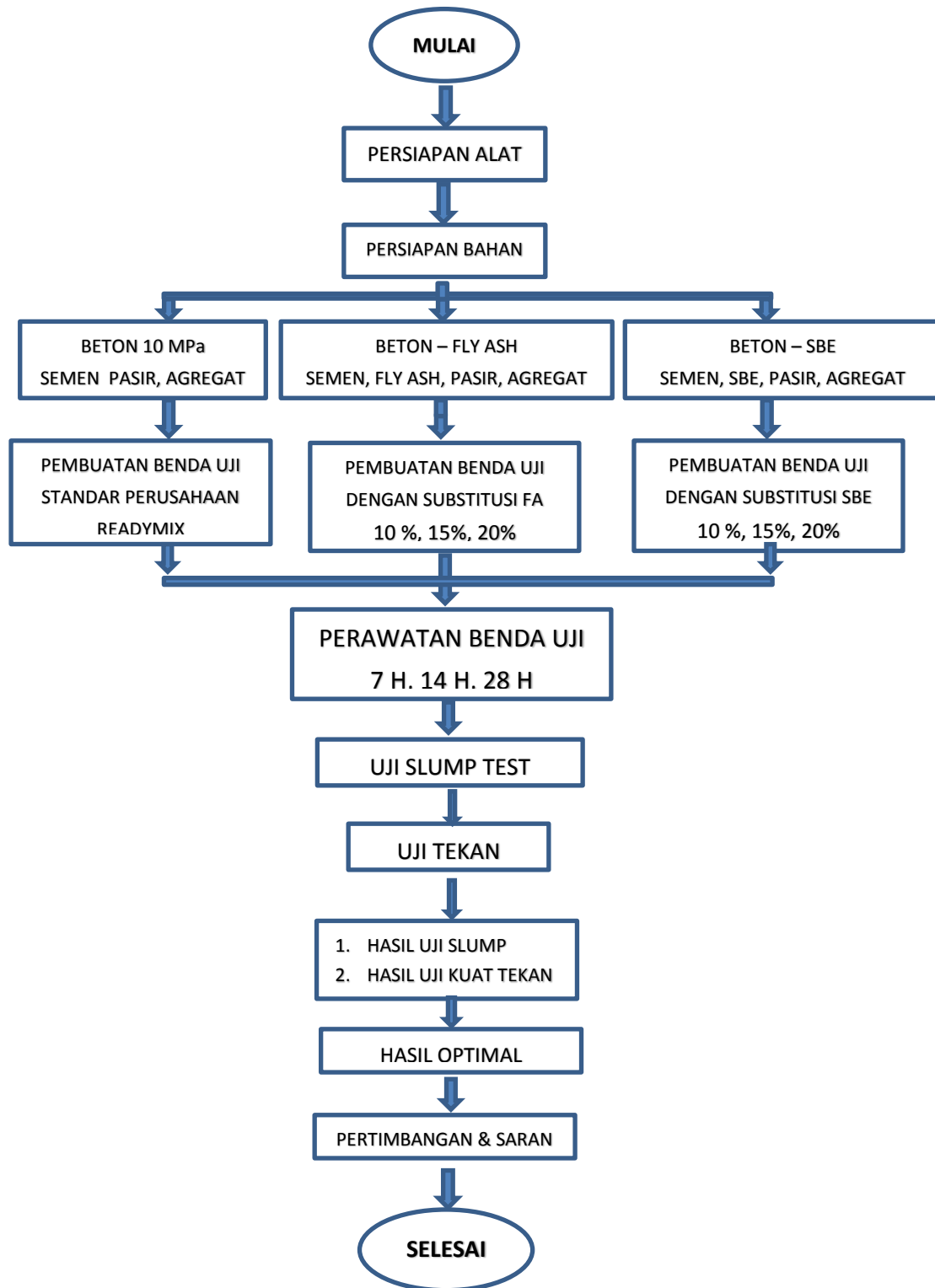
1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dan kontribusi antara lain sebagai berikut:

1. Dengan adanya penelitian ini, pemanfaatan Limbah Fly ash dan Spent Bleaching Earth diharapkan pemilik usaha dapat langsung menerapkan pada produksi readymix nya, sehingga upaya turut menjaga kelestarian lingkungan dapat segera direalisasikan.
2. Pemilik Usaha juga dapat mengurangi biaya produksi dengan mengurangi kebutuhan semen sebagai bahan utama pekerjaan structural, karena penelitian ini dilakukan dalam skala produksi, sehingga nilai efisiensi dapat mengurangi Harga pokok produksi (HPP) yang dapat bermanfaat bagi baik bagi perusahaan.
3. Bagi Pihak penghasil limbah, dengan adanya pemanfaatan ini akan mengurangi pengelolaan limbah dengan land fill yang beresiko mencemarkan lingkungan.
4. Mengurangi emisi gas CO₂ dari pemakaian semen, sehingga turut meminimalisasi efek rumah kaca.

1.5 Kerangka Penelitian

Pada penelitian, digunakan komposisi kadar penggantian *fly ash* dan spent Bleaching Earth sebesar 10%, 15%, dan 20%, Pengujian yang di lakukan meliputi pengujian slum test dan kuat tekan pada umur 7,14 dan 28 hari pada benda uji cylinder mortar 15cm x 30cm. Selanjutnya dilakukan analisa, untuk mendapatkan komposisi yang maksimal yang memenuhi standar beton readymix. Berikut ini adalah bagan kerangka pemikiran atas peneltian yang akan dilakukan sebagai berikut :



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air yang membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan tambah ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (McCormac, 2000). Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, diangkut, dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (Tjokrodimulyo 1996). Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9% - 15% saja dari kuat tekannya (Dipohusodo, 1996). Beton dalam keadaan mengeras mempunyai nilai kuat tekan yang tinggi. Dalam keadaan segar beton mudah dibentuk dan sesuai dengan yang diinginkan. Selain itu beton juga tahan terhadap korosi. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton sebagai berikut (Mulyono, 2005).

1. Kelebihan beton

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi.
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan beton

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
- c. Berat.
- d. Daya pantul suara besar.

Kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c) adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencanaan struktur dari benda uji berbentuk diameter 15 mm dengan tinggi 300 mm, yang dinyatakan dalam mega pascal (MPa).

2.1.1. Material Penyusun Beton

Material penyusun pada beton yaitu terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, dan air.

a. Air

Air adalah bahan yang diperlukan pada campuran beton agar bereaksi dengan semen dan menjadi pelumas agregat sehingga mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang dibutuhkan untuk mereaksikan semen hanya sekitar 30% dari berat semen (Tjokodimuljo, 1996). Syarat air yang baik untuk dapat direaksikan dalam pembuatan beton dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat oleh mata.
- c. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lit.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton lebih dari 5 gr/lit.

b. Agregat Kasar

Menurut Mulyono (2005) agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,8 mm. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil (koral) sebagai hasil pembentukan alami dari batuan atau berupa batu pecah (*split*) yang diperoleh dari pemecahan (*Stone Crusher*). Ukuran maksimal agregat kasar dibagi menjadi 3 golongan yaitu gradasi agregat dengan butir maksimum 40 mm, 20 mm, dan 10 mm. Ukuran maksimal agregat dapat diketahui melalui analisa saringan terhadap agregat kasar. Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat kasar yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Terdiri dari butiran-butiran keras dan tidak berpori

1. Kerikil yang mengandung butir-butir pipih dan panjang tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya.

2. Batu tidak boleh pecah atau hancur oleh pengaruh perubahan cuaca yaitu terik matahari dan hujan.
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila lebih dari 1% maka harus dicuci.
4. Tidak mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.

c. Agregat Halus

Menurut Mulyono (2005) agregat halus adalah agregat dengan ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam (hasil pembentukan alami dari batuan-batuan) atau pasir buatan (dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu).

Menurut SK SNI 04-1989-F, agregat halus yang digunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Butirannya harus tidak pecah atau hancur oleh pengaruh perubahan cuaca yaitu terik matahari dan hujan.
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Bila kadar lumpur melebihi 5% maka harus dicuci.
4. Tidak mengandung bahan-bahan organik karena dapat mengadakan reaksi dengan senyawa-senyawa semen portland sehingga mengurangi kualitas adukan betonnya.
5. Tidak mengandung pasir laut karena dapat mengakibatkan korosi pada tulangan baja.
6. Mempunyai modulus elastisitas (E) antara 1,5 - 3,8.

d. Semen *Portland*

Semen merupakan bahan ikat yang penting dalam campuran adukan beton, karena berfungsi untuk mengikat agregat kasar dan agregat halus sehingga menyatu dan mengeras seperti batuan. Akan tetapi, semen akan berfungsi sebagai pasta jika direaksikan dengan air. Oleh karena itu, dalam campuran adukan beton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok aktif dan kelompok pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan kelompok pasif yaitu agregat

kasar dan agregat halus. Menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, yaitu :

Semen *Portland* tipe I atau *Ordinary Portland Cement (OPC)*, yaitu semen untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain. Semen jenis ini dipakai untuk semua macam konstruksi apabila tidak diperlukan sifat - sifat khusus seperti ketahanan terhadap sulfat, panas hidrasi dan kekuatan awal. Semen ini cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0 - 0,1 %. OPC mengandung C3S 56,54%, C2S 16,84%, C3A 8,18%, dan C4AF 9,64%. (S.Mindess, Franciss Y dan D, Darwin, 2003)

Tabel 2.1. Komposisi Portland

Oksida	Komposisi (% berat)
CaO	64,39
SiO ₂	20,75
Al ₂ O ₃	5,11
Fe ₂ O ₃	3,17
MgO	maks 6
CaO bebas	0,79
Alkali total	0,39

source : scripbd.com, Jan 2019

2. Semen *Portland* tipe II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* tipe III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* tipe IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Semen *Portland* tipe V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen tidak dapat bereaksi tanpa adanya air sebagai pereaksinya. Menurut Tjokrodinuljo (2003), Semen dan air termasuk dalam bahan perekat dimana setelah dicampurkan mengalami reaksi kimia menjadi pasta dan dalam beberapa jam mulai merekat dan dalam beberapa hari menjadi keras.

Semua bahan-bahan diatas mempunyai karakteristik yang berbeda. Dalam perancangan campuran beton (*mix design*) ini digunakan SK SNI : 03-2847-2002 (Tjokrodinuljo, 2017).

Tabel 2.2 *Mix Design* Beton

Target	MIX Properties	Karakteristik Kuat Tekan	Jenis Mutu
M5	1 : 5 : 10	5	Mutu ringan
M7,5	1 : 4 : 8	7,5	
M10	1 : 3 : 6	10	
M15	1 : 2 : 4	15	Mutu Beton Normal
M20	1 : 1,5 : 3	20	
M25	1 : 1 : 2	25	
M30	Designed	30	
M35		35	Mutu Beton Tinggi
M40		40	
M45		45	
M50		50	
M55		55	

Dimana komposisi tersebut menunjukkan perbandingan semen, aggregate halus (pasir) dan aggregate kasar (batu split atau kerikil)

2.2. *Fly ash* (Abu Terbang)

Abu terbang (bahasa Inggris: *fly ash*) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm³. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut bottom ash (Pahlevi dkk, 2012)

Dalam dunia industri, abu terbang biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batu bara. Abu terbang umumnya ditangkap oleh pengendap elektrostatik atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan *bottom ash*

dikeluarkan dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal sebagai **abu batu bara**. Tergantung pada sumber dan tampilan batu bara yang dibakar, komponen abu terbang bervariasi, tetapi semua abu terbang termasuk sejumlah besar silikon dioksida (SiO_2) (baik amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO), kedua bahan endemik yang di banyak terdapat dalam lapisan batuan batu bara.

Di masa lalu, abu terbang pada umumnya dilepaskan ke atmosfer, tetapi sekarang disyaratkan harus ditangkap sebelum dirilis. Di Amerika Serikat, abu terbang umumnya disimpan di pembangkit listrik batu bara atau ditempatkan di tempat pembuangan sampah. Sekitar 43% didaur ulang, sering digunakan untuk melengkapi semen dalam produksi beton.

Dalam beberapa kasus, seperti pembakaran limbah padat untuk menciptakan listrik (fasilitas "*resource recovery*" atau konversi limbah-ke-energi), abu terbang dapat mengandung kontaminan dari *bottom ash* berkadar tinggi serta pencampuran abu terbang dan *bottom ash* bersama-sama membawa tingkat proporsional kontaminan dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah tidak berbahaya dalam keadaan tertentu, sedangkan bila tidak dicampur, abu terbang akan berada dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah berbahaya.

Abu terbang (*fly ash*) diperoleh dari hasil residu PLTU. Material ini berupa butiran halus ringan, bundar, tidak porous, mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperature normal dengan adanya air. Menurut ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3, *fly ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu :

1. Kelas C.

Fly ash yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* atau sub-bitumen batubara (batubara muda).

- a. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%.
- b. Kadar CaO mencapai 10%.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari berat binder.

2. Kelas F.

Fly ash yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batubara.

- a. Kadar $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 70\%$.
- b. Kadar CaO $< 5\%$.

Dalam campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari berat binder.

3. Kelas N.

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chert*, *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik (Kusumo, 2013).

2.2.1. Kelebihan dan Kelemahan *Fly Ash* (Abu Terbang)

a. Kelebihan

1. Pada beton segar
 - a. Memperbaiki sifat pengerjaan.
 - b. Mengurangi terjadinya *bleeding* dan segregasi.
 - c. Mengurangi jumlah panas hidrasi yang terjadi
 - d. Mengurangi jumlah air campuran.
2. Pada beton keras :
 - a. Meningkatkan kerapatan pada beton.
 - b. Menambah daya tahan beton terhadap serangan agresif (sulfat).
 - c. Meningkatkan kekuatan beton pada jangka panjang

b. Kelemahan

1. Pemakaian abu terbang kurang baik untuk pengerjaan beton yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi karena proses pengerasan dan penambahan kekuatan betonnya agak lambat yang disebabkan karena terjadinya reaksi pozzoland.
2. Pengendalian mutu harus sering dilakukan karena mutu abu terbang sangat tergantung pada proses (suhu pembakaran) serta jenis abu batubaranya (Kusumo, 2013).

2.3. Limbah SBE (*Spent Bleaching Earth*)

Spent bleaching earth (SBE) merupakan limbah padat dari industri pemurnian minyak nabati, yaitu sisa proses pemucatan *Crude Palm Oil* (CPO). *Spent Bleaching Earth* yang berasal dari pemucatan CPO merupakan campuran antara *Bleaching Earth* (BE) dan senyawa organik yang berasal dari CPO. BE merupakan tanah liat jenis Montmorillonite (pembangunan struktur bentonite) dari lapisan ke-18 dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$. *Spent bleaching earth* (SBE) merupakan campuran antara tanah liat dan minyak yang harus ditangani dengan hati hati karena sifatnya yang mudah terbakar. Pada umumnya industri minyak akan membuang limbah yang berbahaya *spent bleaching earth* pada suatu lahan (*landfill*). *Spent bleaching Earth* dapat diolah dengan baik dengan proses termal ataupun regenerasi kimia, yang dapat menghasilkan bleaching earth sama efisennya dengan bahan asli bleaching earth. Metode lain dalam penanganan limbah spent leaching earth adalah dijadikan bahan baku alternative untuk industri semen. Bahan SBE juga telah dianalisa oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di Lampung dengan metode ED-XRF Panalytical Epsilon 3 XLE, No. Order 33/BPTM/AL/2019 dengan kode sebagai “Limbah Minyak Kelapa” dengan hasil pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3. Komposisi kandungan SBE

<i>Element</i>			<i>Oxides</i>		
<i>Compound</i>	<i>Conc</i>	<i>Unit</i>	<i>Compound</i>	<i>Conc</i>	<i>Unit</i>
Mg	0,65	%	MgO	0,72	%
Al	8,29	%	AL₂O₃	9,92	%
Si	46,71	%	SiO₂	58,61	%
P	5,79	%	P₂O₅	6,72	%
S	1,25	%	SO₃	1,54	%
K	4,38	%	K₂O	2,52	%
Ca	9,29	%	CaO	5,98	%
Ti	2,24	%	TiO	1,62	%
V	506,1	ppm	V₂O₅	377,3	ppm
Cr	193,3	ppm	Cr₂O₃	122	ppm
Mn	0,38	%	MnO	0,21	%
Fe	20,13	%	Fe₂O₃	11,71	%
Cu	252,9	ppm	CuO	116,4	ppm
Zn	821,5	ppm	ZnO	376,2	ppm
Ga	110,3	ppm	Ga₂O₃	54,5	ppm
Rb	566,2	ppm	Rb₂O	225,2	ppm
Sr	0,209	ppm	SrO	898,2	ppm
Y	177,9	%	Y₂O₃	82	%
Zr	0,141	ppm	ZrO₃	691,4	ppm

Sumber: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) di Lampung, 2017

Bleaching earth adalah sejenis tanah liat yang banyak mengandung silika dan aluminium yang disebut *fuller's earth* atau *bentonite* berasal dari hasil tambang. Pada 1878, industri di Amerika Serikat memakai *fuller's earth* untuk penjernihan *soybean oils* dan seluruh dunia mulai menggunakannya sebagai penjernih minyak termasuk *wine, liquer, cider, beer* dan *vinegar*.

Di Indonesia, *fuller's earth* banyak ditemukan di Indonesia seperti Cimapaks (Sukabumi), Sipirok – Sumatera Utara dan daerah perbukitan di Jawa Timur.

Bleaching earth sejenis tanah liat (clay) dan sangat aktif sebagai absorben dengan komponen utama berupa oksida-oksida Si, Al, Fe, Mg dan K . Agar berdaya serap lebih tinggi lalu diolah dengan cara pelumatan bahan galian, diacidifikasi, dikeringkan, dan lebih dihaluskan agar luas permukaan bahan menjadi lebih besar. Dalam presentasi GIMNI berjudul *Aplikasi TPPBM Sebagai Bahan Konstruksi Bangunan* dijelaskan bahwa Bleaching Earth dipakai berkisar 1%-1,1 % dari berat minyak sawit yang diolah untuk menyerap warna dan zat-zat organik tersebut. Proses inilah yang menghasilkan SBE berwarna hitam dan mengandung minyak sawit berkisar 22% – 30% dari berat total SBE (Teknologi Pengolahan Spent Bleaching Earth, Dr. Julfi Restu, Dr. Eng. Dewi Agustina dkk, 2023), disebutkan juga karakter BE dan SBE pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2.4. Karakteristik *bleaching earth* dan *spent bleaching earth*.

Karakteristik	BE baru ^{a)}	SBE
Kadar air bebas (%)	10,5	0-1,8
pH (20% suspensi)	4,6	4.5-5,3
Komposisi kimia abu (% oksida b/b)		
SiO ₂	60,4	56,9
Al ₂ O ₃	11,5	9,24
Fe ₂ O ₃	9,3	8,27
MgO	5,2	4,32
CaO	1,7	3,9
Na ₂ O	0,4	0,08
K ₂ O	1,2	0,96
MnO ₂	NA	0,10
TiO ₂	NA	0,90
P ₂ O ₅	NA	4,87

Selain itu untuk membandingkan dengan hasil data yang diperoleh dari pihak perusahaan, diperoleh data Karakteristik kimia dari SBE adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5. Karakteristik Kimia Spent Bleaching Earth

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Referensi
79.80	8.70	1.90	3.20	0.7	Lara and Park (2004)
56.90	9.24	8.27	4.32	3.9	Loh et al. (2013)
37.45	8.01	0.83	1.28	0.78	Mana et al. (2011)
65-75	15-20	2.00	2.50	0.50	Weng and Pan (2007)

Sumber : Loh et al. (2017)

Dari data diatas menunjukkan tidak ada perbedaan data yang didapatkan dari peneliti peneliti sebelumnya, namun untk SBE pada table ini maksimum pada 3,9 %, sedangkan data sumber perusahaan terdapat 7,86 %.

Jika ditinjau dari karakteristik secara keseluruhan untuk SBE dapat dilihat pada table berikut (Sri Krisyanti , 2 Sukandar April 2011) :

Tabel 2.6. Karakteristik *Spent Bleaching Earth* (SBE) (% berat)

Parameter	Hasil pengujian	Satuan
Bulk Density	0,69	g/cm ³
pH	7,03	-
Kadar Air	3,35	(%-bk)
Kadar Volatil	36,67	(%-bk)
Fixed Carbon	28,46	(%-bk)
Kadar Abu	34,87	(%-bk)
Kadar Minyak	21,77	(%-bk)

Dari table diatas diketahui :

- Nilai *bulk density* limbah B3 *spent bleaching earth* yaitu 0,69 g/cm³. Nilai *bulk density* ini menunjukkan densitas bahan apabila dimasukkan ke dalam suatu wadah.
- Kadar air yang terkandung dalam sampel limbah B3 *spent bleaching earth* yaitu sekitar 3,35 % berat kering. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air yang dikandung limbah B3 *spent bleaching earth* tidak terlalu tinggi karena berasal dari pengolahan industri oleokimia yang banyak mengandung minyak.
- Kadar abu yang terkandung dalam limbah B3 *spent bleaching earth* sangat tinggi, mencapai 34,87 % berat kering. Tingginya kadar abu dalam limbah B3

spent bleaching earth menunjukkan banyaknya kandungan bahan anorganik yang berubah menjadi abu pada temperatur tinggi.

- Nilai kadar volatil dari limbah B3 *spent bleaching earth* menunjukkan angka yang cukup tinggi berkisar 36,67 % berat kering limbah. Nilai kadar volatil menunjukkan sifat kereaktifan suatu bahan. Dengan demikian limbah B3 *spent bleaching earth* memiliki sifat reaktif yang cukup tinggi.
- Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) yang terkandung dalam limbah B3 *spent bleaching earth* menunjukkan nilai 28,46 % berat kering. Kadar karbon terikat (*fixed carbon*) merupakan sejumlah karbon yang masih tersisa setelah semua kadar abu dan kadar volatil menguap saat dikeringkan pada temperature tinggi.
- pH yang dimiliki oleh limbah B3 *spent bleaching earth* yaitu 7,03. Hasil pengukuran menunjukkan limbah B3 *spent bleaching earth* memiliki sifat netral. Berdasarkan PP No 85 Tahun 1999 limbah B3 *spent bleaching earth* tidak termasuk kategori bahan yang bersifat korosif.
- Kadar minyak awal dari limbah B3 *spent bleaching earth* yaitu 21,77 %. Kadar ini cukup potensial apabila dilakukan recovery dan dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel atau *biolubricant*.

Selain itu jika ditinjau dari jenis limbahnya SBE dikelompokkan limbah bahan beracun berbahaya (B3) kategori 2 dengan kode limbah B413 (PP 101, 2014). SBE dikategorikan sebagai limbah B3 karena mengandung minyak yang tinggi serta memiliki karakteristik yang mudah menyala dan bersifat korosif. SBE bisa dikategorikan sebagai limbah non-B3 apabila kandungan minyaknya di bawah tiga 3%. Mengingat jumlah SBE yang semakin banyak dan tinggi kandungan minyak, serta tergolong ke dalam limbah B3, sehingga diperlukan penanganan dan pengelolaan yang tepat. Pengelolaan SBE penting dilakukan untuk mencegah pencemaran lingkungan sekaligus dapat memberikan manfaat sosial dan ekonomi (sirkular ekonomi). Teknologi proses pengelolaan SBE juga harus diperhatikan agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan yang baru serta tidak menghambat upaya pemerintah untuk meningkatkan hilirisasi industri CPO di dalam negeri.

2.4. *Pozzolan* Material (Bahan *Pozzolan*)

Pozzolan adalah suatu material tambahan yang berasal dari alam dan batuan, yang sebagian besar memiliki kandungan senyawa silika (Si) dan alumina (Al), dimana *pozzolan* mampu bereaksi terhadap senyawa Ca(OH)_2 hasil dari reaksi hidrasi antara semen dan air. *Pozzolan* sendiri tidak memiliki sifat semen. Tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air (Mulyati, 2012). Reaksi senyawa semen dengan air membentuk senyawa CSH dan Ca(OH)_2 yang kemudian senyawa Ca(OH)_2 akan bereaksi dengan *pozzolan* membentuk CSH dan CAH. Reaksi senyawa semen dengan air sebagai berikut :



Hasil Ca(OH)_2 dari persamaan (a) dan (b) yang merupakan hasil sampingan dari reaksi hidrasi, bereaksi kembali dengan unsur SiO_2 dan Al_2O_3 pada material *pozzolan* untuk mendapatkan CSH yang lebih banyak dan CAH. Reaksi *pozzolan* terhadap Ca(OH)_2 ini dapat dilihat pada persamaan (c) dan (d) berikut :



Pozzolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton dan mortar untuk memperbaiki kelecakan (keenceran) dan membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas). *Pozzolan* dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

- *Pozzolan* alam

Bahan alam yang merupakan sedimentasi dari abu atau larva gunung yang mengandung silika aktif (*volcanic ash*).

- *Pozzolan* buatan

Jenis ini merupakan sisa pembakaran dari tungku, maupun pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu yang mengandung silika.

2.5. Berbagai Macam Teknik Pengujian Beton

Untuk memastikan mutu beton sesuai dengan yang telah direncanakan maka diperlukan suatu pengujian beton untuk mengetahui mutu beton. Hal ini umumnya dilakukan pada berbagai proyek pembangunan dengan skala besar untuk memastikan

semua sesuai dengan perencanaan. Dalam pengujiannya, ada beberapa teknik pengujian beton yang dapat dilakukan yaitu :

2.5.1. Uji Kuat Tekan Beton (Compression test)

Uji kuat tekan beton adalah pengujian yang dilakukan pada sampel beton, sampel ini akan diberi tekanan hingga mengalami kehancuran. Tujuannya adalah untuk mengetahui kekuatan beton terhadap gaya tekan, pengujian ini dapat dilakukan dengan cara :

- Siapkan cetakan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang sudah diberi pelumas di bagian dalamnya. Hal ini untuk memudahkan dalam pelepasan beton nantinya.
- Buat adukan beton dengan kualitas yang sama seperti yang digunakan pada proyek pembangunan, masukkan adukan ini ke dalam cetakan. Masukkan secara bertahap menjadi 3 lapisan yang sama.
- Ditiap lapisannya diberi tusukan hingga 25 kali dan ratakan bagian atas adukan. Jangan lupa catat tanggal dan jam pembuatan beton tersebut.
- Biarkan adukan beton ini selama 24 jam, kemudian rendam beton di dalam air selama beberapa saat sebelum dibawa ke laboratorium pengujian.
- Apabila telah keras maka beton siap diuji menggunakan mesin compressor yang akan memberikan tekanan.
- Catat hasil pengujian, lakukan pengujian pada hari berikutnya atau dalam rentang waktu tertentu. Untuk itu pastikan Anda membuat beberapa sampel beton untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Menurut Mulyono, kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Kusumo, 2013). Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm, diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Rumus yang digunakan

pada persamaan (3-1) untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut (Antono,1995)

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

f_c' = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

Beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton (Dipohusodo, 1996). Oleh karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah :

- a. permukaan dan bentuk agregat,
- b. gradasi agregat, dan
- c. ukuran maksimum agregat.

2.5.2. Slump test

Salah satu cara untuk mengetahui kualitas beton adalah dengan mengukur kadar air dalam beton atau yang biasa disebut slump test. Untuk mengetahui kadar air beton dapat dilakukan menggunakan kerucut abraham, pengujian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Siapkan alat pengujian sebagai penyokong dengan bentuk kerucut yang diameter atasnya 10 cm dan bawahnya 20 cm serta tinggi 30 cm.
- Kemudian siapkan kerucut abraham dan letakkan pada tempat yang tidak menyerap air dengan permukaan yang rata.
- Siapkan adukan beton dan masukkan ke dalam kerucut dengan menekan penyokongnya.
- Masukkan adukan beton dalam 3 lapisan yang sama ketebalannya dengan diberi penusukan hingga 25 kali menggunakan tongkat baja. Tongkat ini mempunyai diameter 16 mm dengan panjang 600 mm yang berbentuk bulat pada ujungnya, penusukan agar beton lebih padat.

- Tarik cetakan dengan hati-hati dan bersihkan ceceran adukan beton. Setelah beberapa saat barulah kerucut dibuka.
- Setelah itu ukur penurunan puncak kerucut dibandingkan tinggi awalnya untuk mengukur kadar air beton.
- Adukan beton yang memenuhi syarat sajalah yang dapat diaplikasikan dalam pembangunan.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton rencana $f_c = 25$ Mpa sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Beton yang akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton dan daya serap air untuk mengetahui kualitas beton memenuhi kebutuhan pelanggan yang selama ini menggunakan ready mix dari PT Lazuardi Cahaya Perkasa.

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Persiapan bahan baku yaitu semen, aggregate kasar, aggregate halus, fly ash dan Spent Bleaching earth, dilakukan di PT. Lazuardi Cahaya Perkasa (Lmix), Jl. Sukarno Hatta – Palembang dan penelitian ini dilakukan 2 bulan yaitu tanggal 01 Februari – 02 Juni 2023. PT. Lazuardi Cahaya Prakasa merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang Beton dan material building yang saat ini sedang berkembang pesat di Kota Palembang. Lazuardi mix atau L-Mix merupakan perusahaan perseroan terbatas yang secara profesional memixing (mencampur) adukan beton hingga menjadi beton bermutu siap pakai yang digunakan untuk pembangunan jalan, gedung, jembatan, terminal, pasar, maupun infrastruktur publik.

3.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari pemeriksaan bahan susun beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan sampai dengan pengujian kuat tekan pada benda uji adalah sebagai berikut :

1. Saringan standar ASTM dengan ukuran 19,52 mm ; 12,5 mm ; 9,52 mm ; 4,75 mm ; 2,36 mm ; 1,18 mm ; 0,60 mm ; 0,30 mm ; 0,15 mm.
2. *Shave shaker machine*, digunakan untuk mengayak agregat halus.
3. Cawan, digunakan untuk wadah sampel dalam pemeriksaan bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
4. *Oven*, digunakan untuk mengeringkan sampel dalam pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.

5. *Desikator*, digunakan untuk menjaga sampel supaya tetap kering.
6. Gelas ukur dan *piknometer*, digunakan untuk mengukur berat jenis.
7. Timbangan, digunakan untuk mengetahui berat bahan penyusun pada campuran beton.
8. Kerucut *konus* dan batang penumbuk, digunakan untuk pengujian pasir dalam kondisi jenuh kering muka (*Saturated Surface Dry*).
9. Mesin Los Angeles, digunakan untuk menguji tingkat keausan agregat kasar.
10. Mistar dan kaliper, digunakan untuk mengukur *slump* dan dimensi alat serta benda uji yang digunakan.
11. *Concrete mixer*/Molen, digunakan untuk mengaduk dan mencampur bahan-bahan penyusun beton.
12. Kerucut Abrams, digunakan untuk pengujian *slump* beton segar dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm, tinggi 30 cm dan batang baja penumbuk untuk memadatkan beton.
13. Sekop, cetok dan nampan, digunakan untuk menuangkan dan menampung adukan beton ke dalam cetakan.
14. Cetakan beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
15. Mesin uji kuat tekan beton dengan kapasitas beban maksimum 3000 KN.

3.3. Bahan atau Material Penelitian

Bahan-bahan penyusun campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen *Portland* (Tipe I) jenis Premium merek Semen Baturaja
2. Agregat kasar berupa agregat yang dipecah (*split*) yang berasal dari Bojonegoro.
3. Agregat halus berupa agregat alami (pasir) yang berasal dari Tanjung Raja
4. Air bersih yang diambil dari Laboratorium PT Lazuardi Cahaya Perkasa
5. Fly Ash dari PLTU Sembalang/PLTU Tarahan, Lampung
6. Spent Bleaching Earth dari PT Domus Raya, Lampung

3.4. Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan pemeriksaan kesiapan alat dan pemeriksaan bahan susun beton untuk benda uji yang akan dibuat, yaitu:

1. Pemeriksaan bahan susun beton

Pemeriksaan bahan susun beton meliputi pemeriksaan agregat halus, pemeriksaan agregat kasar, pemeriksaan air dan pemeriksaan semen.

a. Pemeriksaan agregat halus (pasir)

a.1. Pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir)

Pemeriksaan dilakukan berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990, Analisis gradasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir.

a.2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir).

Pemeriksaan dilakukan berdasarkan SK SNI : 03-1970-1990.

a.3. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (pasir).

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat halus (pasir).

a.4. Pemeriksaan kadar air agregat halus (pasir).

Pemeriksaan kadar air dilakukan berdasarkan SK SNI : 03-1971-1990.

a.5. Pemeriksaan berat satuan agregat halus (pasir)

Berat satuan agregat yaitu perbandingan antara berat dan volume agregat termasuk pori-pori antar butirannya.

b. Pemeriksaan agregat kasar

Pemeriksaan agregat kasar bahan susun beton yang dilakukan sama dengan pada pemeriksaan agregat halus, yaitu sebagai berikut :

b.1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990.

b.2. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan agregat kasar (split/kerikil), dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Pemeriksaan keausan agregat kasar ini berdasarkan SK SNI : 03-2417-1991.

b.3. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat kasar.

b.4. Pemeriksaan kadar air agregat kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada agregat kasar. Pemeriksaan ini berdasarkan SK SNI : 03-1971-1990.

b.5. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar

Berat satuan adalah berat agregat dalam satuan volume.

c. Pemeriksaan semen

Pemeriksaan semen dilakukan hanya melihat kondisi dan bentuk fisik semen saja, apakah semen sudah ada yang membatu atau menggumpal apa tidak. Tidak menyelidiki berat jenis semen dan kandungan kimianya.

d. Pemeriksaan air

Pemeriksaan air dilakukan hanya melihat kondisi dan bentuk fisik air saja, apakah air berwarna dan berbau atau tidak, tanpa menyelidiki kandungan kimia dalam air tersebut.

2. Pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji di laboratorium menggunakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dengan jumlah total benda uji berdasarkan variasi umur betonnya adalah 72 buah, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 di bawah ini :

Tabel 3.1. Variasi Benda Uji dengan Substitusi Semen dengan Fly Ash

Variasi Penambahan	Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
Beton Normal	3 buah	3 buah	3 buah
10 % FA	3 buah	3 buah	3 buah
15 % FA	3 buah	3 buah	3 buah
20 % FA	3 buah	3 buah	3 buah

Tabel 3.2. Variasi Benda Uji dengan Substitusi Semen dengan SBE

Variasi Penambahan	Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
Beton Normal	3 buah	3 buah	3 buah
10 % SBE	3 buah	3 buah	3 buah
15 % SBE	3 buah	3 buah	3 buah
20 % SBE	3 buah	3 buah	3 buah

3. Perancangan campuran beton (*mix design*)

Perencanaan campuran beton pada penelitian ini dilakukan dengan nilai fas 0,50. Untuk tiap sampel digunakan 3 buah benda uji dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk komposisi yang digunakan adalah 1 : 3 : 6 dengan target Kuat tekan adalah 10 MPa.

4. Pengadukan beton

Pengadukan beton adalah proses pencampuran antara bahan-bahan dasar, yaitu semen, pasir, kerikil dan air dalam perbandingan yang telah ditentukan (sesuai dengan *mix design*). Pengadukan beton ini dilakukan berdasarkan SK.SNI.T-28-1991-03 dan dilakukan di dalam truk tanki molen.

5. Pengujian *slump*

Pengujian *slump* (*slump test*) ialah suatu cara untuk mengukur dan mengetahui tingkat kelecakan adukan beton segar yang dihasilkan, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* berarti adukan beton segar makin encer dan ini berarti pengerjaan beton semakin mudah dikerjakan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams. Adapun langkah pengujian *slump* sebagai berikut :

- a. Kerucut Abrams diletakkan diatas talam baja yang rata dan tidak menyerap air.
- b. Adukan beton segar dituang dalam 3 tahap, yaitu pada volume 1/3, 2/3 dan hingga penuh. Tiap lapisan ditusuk sebanyak 25 kali dengan menggunakan batang baja secara merata diseluruh bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan bawahnya.
- c. Setelah penusukan lapisan terakhir selesai, permukaan diratakan dan didiamkan selama ± 30 detik.

- d. Kerucut Abrams diangkat tegak lurus keatas dan lapisan atas beton segar tersebut akan mengalami penurunan dari posisi semula.
- e. Penurunan tersebut diukur dengan cara meletakkan kerucut Abrams secara terbalik disampingnya. Kemudian diukur selisih penurunan terhadap tingginya.

6. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan adalah kemampuan betom untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang benda uji mengacu pada (SNI, 03-6825-2002) dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji dengan ukuran silinder 15 cm x 30 cm
2. Menimbang benda uji
3. Meletakkan benda uji pada mesin uji tekan dengan posisi mendatar,
4. Mengoperasikan mesin hingga didapat pembebanan maksimum saat benda uji hancur,
5. Menghitung nilai kuat tekan bata ringan dengan membandingkan beban maksimum dan luas permukaan benda uji.

7. Analisa Hasil

- a. Hasil data penelitian atas perlakuan Fly ash dan Spent Bleaching Earth akan diuji dengan analisa statistik menggunakan uji Independent T Test untuk mengetahui apakah rata uji apakah terdapat perbedaan rata-rata dua sampel yang tidak berpasangan dalam hal ini satu data dengan perlakuan Fly ash dan data lainnya dengan perlakuan Spent Bleaching Earth.
- b. Melakukan analisa hasil setelah diperoleh data-data hasil tersebut, baik dari awal penelitian, saat penelitian dan akhir penelitian. Setelah didapat hasil yang optimal terhadap pemakaian Fly Ash dan SBE dengan skala produksi, hasil ini akan menjadi masukan kepada perusahaan untuk dapat segera memanfaatkan Fly ash ataupun SBE sebagai bahan baku pengurang konsumsi semen. Selain memberikan masukan untuk kadar optimal pemakaian Fly Ash dan SBE, peneliti juga memberi masukan yang berhubungan dengan penanganan Limbah

untuk menjadi perhatian dan persiapan baik alat ataupun dokumen kelengkapan perusahaan yang dalam hal ini sebagai pemanfaat limbah.

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Adapun simpulan dari terhadap penelitian ini sebagai berikut.

1. Pada penerapan skala produksi ini membuktikan bahwa pemanfaatan fly ash sangat signifikan mengurangi pemakaian semen sebesar 15%.
2. Selain itu sebagai alternatif, pemanfaatan Spent bleaching Earth (SBE) dapat juga digunakan sebagai substitusi semen sebesar 10 %.
3. Dengan hasil yang telah terbukti dalam skala produksi maka hal ini sangat meyakinkan pengelola batching plant untuk menerapkan pemanfaatan tersebut untuk mendapatkan HPP yang lebih rendah sehingga nilai jual ke konsumen lebih terjangkau. Selain itu mendukung pemerintah untuk terus berupaya memanfaatkan limbah baik itu fly ash maupun spent bleaching earth (SBE) sehingga menjadi limbah yang bermanfaat untuk masyarakat.

B. Saran

Saran dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Perlunya melakukan diskusi kepada Dinas Kementrian Lingkungan Hidup untuk syarat pemanfaatan Limbah Fly ash dan Spent Bleaching Earth (SBE). Sehingga pihak pelaku usaha pemanfaat limbah dapat lebih terbantu untuk mendapatkan izin pemanfaatan Limbah.
2. Perlu dimonitor juga apakah terjadi penurunan tekanan untuk beton dengan perlakuan FA dan SBE, untuk umur beton hingga 90 hari, untuk lebih memastikan kualitas beton dengan pemanfaatan FA dan SBE.
3. Disarankan akan di uji coba selanjutnya dengan target kuat tekan beton mutu tinggi yaitu diatas $f_c 30$ atau 30 MPa.
4. Perlu diuji coba untuk melakukan penelitian dengan komposisi campuran Fly ash dan SBE untuk mengetahui apakah dapat mencapai target kuat tekan, sehingga dengan adanya kombinasi ini, pihak pelaku usaha dapat melakukan penyediaan stok baik itu Fly ash dan juga Spent Bleaching Earth (SBE).

DAFTAR PUSTAKA

- ANDI. Departemen Pekerjaan Umum. 1991. Tata Cara Penghitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung.
- Admin. 2010. Dasar-Dasar Beton (3) Sampel Beton Untuk Pengujian. www.seputarduniatekniksipil.com.
- Aryani, Dorothea Wahyu. 2004. Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kualitatif dalam Manajemen Kualitas). Yogyakarta.
- ASTM. (C-142). Pengujian Standar Kandungan Lumpur Agregat Halus.
- ASTM C-40. (n.d.). Standar Kandungan Zat Organik. Factsha, R. (2013). Studi untuk bahan mortar mutu normal.
- Badan Standarisasi Nasional, (2000), Standart Nasional Indonesia nomor 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Republik Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional, (2000), Standart Nasional Indonesia nomor 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. (2002). Jakarta: Republik Indonesia.
- Budiarto. (2007). Pengaruh Limbah Karbit dan Fly Ash Terhadap Kekuatan Mortar. Bachelor Thesis, Universitas Kristen Petra
- Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016). Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton. Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan 21 November 2016. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Dewi, N. R., Dermawan, D., Ashari, M.L. (2016). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan Fly Ash sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus : PT. VariaUsaha Beton). Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP Vol.13 / No.1 /Maret 2016. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Yayasan LPMB.Haryono, Didi. 2001. Analisa Pengendalian Kualitas Statistik Dengan Menggunakan Peta Kendali T-Square (T2).Makasar.
- [Http://deasy86.blogdetik.com](http://deasy86.blogdetik.com). Teknologi Beton.
- [Http://listiyonobudi.blodspot.com](http://listiyonobudi.blodspot.com). 2011. Faktor Penentu Mutu Beton.

<https://novotest.id/teknik-pengujian-beton/> Admin. 2010. Dasar-Dasar Beton (3) Sampel Beton Untuk Pengujian.

<http://tatangw.blogspot.com>. 2010. Jenis dan Karakteristik Material Beton.

<https://www.antaraneews.com/berita/696033/limbah-batu-bara-pltu-lampung-resahkan-warga>

Ilmusipil.com. 2011. Batching Plant Beton.

Kanisius.Supriyatna, Yatna. 1996. Perencanaan dan Pengendalian Mutu Beton. Bandung.

Moch. Luqman Ashari, Denny Dermawan, Refin Bagus Sunarya, Pemanfaatan Limbah Padat Spent Bleaching Earth pada PT. SMART Tbk. Surabaya Sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton, ISSN : 2548-1509, Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Mulyono, Tri. 2004. Teknologi Beton.Yogyakarta. ANDI Yogyakarta.

Muthoharoh, I (2012). Self Healing Capability Beton Dengan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen Ditinjau Dari Workability, Kuat Tekan, dan Permeabilitas. Universitas Sebelas Maret.

Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. Teknologi Beton.Yogyakarta.

Nugroho, B. P. (2013). Tinjauan kuat tekan dan kuat lentur balok tanpa tulangan beton ringan menggunakan batu apung sebagai agregat kasar dengan bahan tambah kapur dan alumunium pasta.

Pehlevi, B. D. (2013). Lumpur sidoarjo bakar, fly ash sebagai substitusi semen dan kapur untuk campuran beton ringan dengan menggunakan bubuk alumunium sebagai bahan pengembang.

Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. (2014). Jakarta: Republik Indonesia.

Sri Krisyanti , 2 Sukandar Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, April 2011

SNI. (03-0349-1989). Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. ICS 91.100.30: Badan Standar Indonesia.

SNI. (03-6825-2002). Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Bandung: Bandar Standar Indonesia.

SNI. (15-2049-2004). Semen Portland. Bandung: Badan Standar Indonesia.

Samekto, Wuryati dan Rahmadiyanto, Chandra. 2001. Teknologi Beton. Yogyakarta.
Tjokrodinuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta:

Sumber: <https://mediaindonesia.com/ekonomi/487253/pltu-suralaya-hasilkan-600-ribu-ton-fly-ash-bottom-ash>

Teknologi Pengolahan Spent Bleaching Earth, Dr. Julfi Restu Amelia, S.T.P., M.Si
Dr. Eng. Dewi Agustina Iryani, S.T., MT., Prof. Dr. Eng. Ir. Udin Hasanudin,
M.T. Ir. Ribus Sugiharto, M.Sc. Simparmin Br Ginting, S.T., M.T. Lathifa
Indraningtyas, S.T.P. M.Sc, Mei 2023

Takbir09. 2010. Batching Plant dan Ready Mix. Pangkep.

Team Afiliasi dan Konsultasi Industri, Keterangan Hasil Analisa Spent Bleaching Earth, Surabaya: Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, 2014.

Tee, C. K., 2010. Performance Of Spent Bleaching Earth As Cement Replacement In Concrete, Pahang: University Malaysia Pahang.

Tjokrodiomulyo, Kardiyono. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta. Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gajah Mada.

<https://www.antaraneews.com/berita/696033/limbah-batu-bara-pltu-lampung-resahkan-warga>