

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI DAUN BAMBU AMPEL
SKALA NANO UNTUK MENINGKATKAN *COMPRESSIVE*
STRENGTH DAN *SHEAR BOND STRENGTH* SEMEN
PEMBORAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh
AMALIADI MUQORROBIN
NPM 153210591



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas nikmat dan karunia yang telah Allah limpahkan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Musryidah, M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir dan pembimbing akademik.
2. Ketua prodi ibu Novia Rita, S.T., M.T dan sekretaris prodi bapak Tomi Erfando S.T., M.T serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu
3. Ibu saya Sumitis dan ayah saya Rinaldi dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral
4. Sabahat terbaik saya yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 21 Maret 2021

Amaliadi Muqorrobin

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 <i>Pozzolan</i>	3
2.2 <i>Compressive Strength Dan Shear Bond Strength</i>	4
2.3 Metode Sonikasi	5
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	6
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	6
3.2 METODOLOGI PENELITIAN	7
3.3 BAHAN DAN ALAT.....	7
3.1.1 Bahan	7
3.1.2 Alat.....	9
3.4 PROSEDUR PENELITIAN	10
3.4.1 Prosedur Pembuatan <i>Fly Ash</i> Bambu Ampel Dan Sonikasi Skala Nanometer.....	10

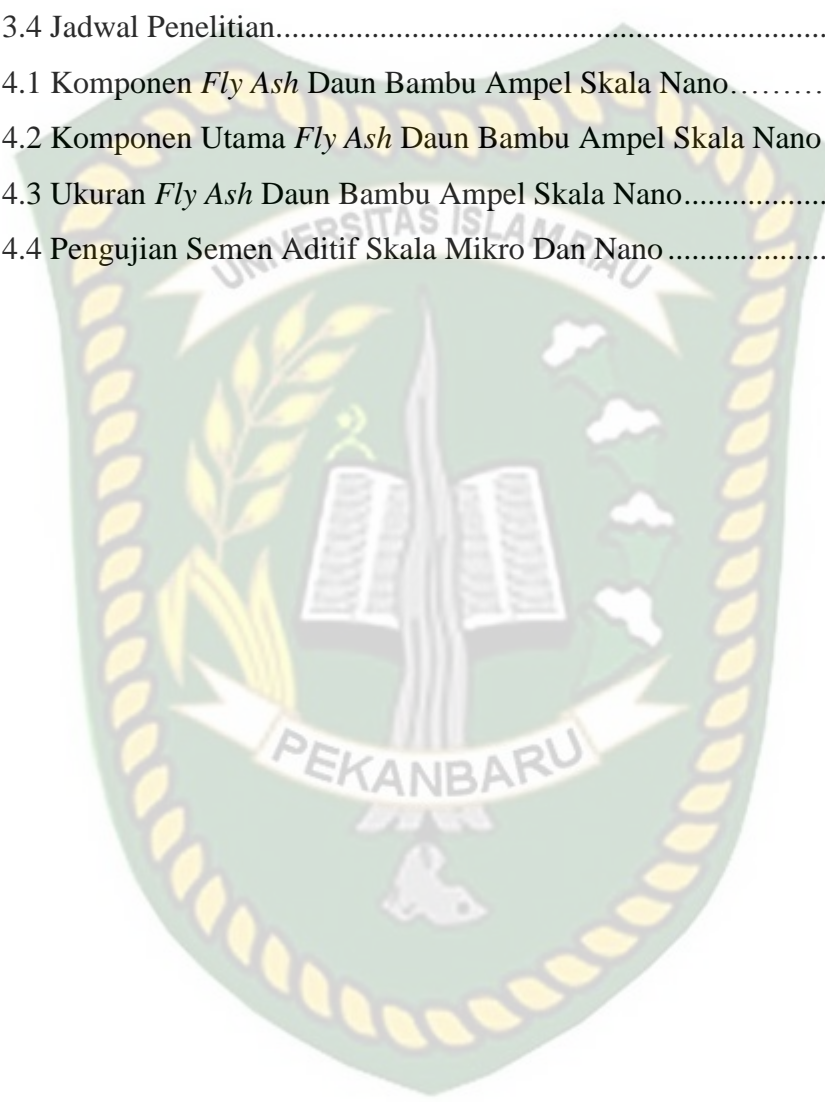
3.4.2 Sintesis Dan Karakterisasi <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nanometer Dengan XRF dan PSA	10
3.4.3 Prosedur Pembuatan Suspensi Semen.....	11
3.4.4 Prosedur Pengujian <i>Compressive Strength</i> Dan <i>Shear Bond Strength</i>	11
3.4.5 Prosedur Pengujian <i>Free Water</i>	13
3.5 TEMPAT PENELITIAN	14
3.6 JADWAL PENELITIAN.....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil Sintesis Dan Karakterisasi <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nano	15
4.1.1 Komponen <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nano	15
4.1.2 Ukuran Partikel <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nano	16
4.2 Hasil Pengujian <i>Compressive Strength</i> , <i>Shear Bond Strength</i> Dan <i>Free Water</i> Dengan Aditif <i>Fly Ash</i> Daun bambu Ampel Skala Nano	17
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Kesimpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	6
Gambar 3.2	Daun Bambu Ampel.....	7
Gambar 3.3	Air.....	7
Gambar 3.4	<i>Polietilen Glycol 6000 (PEG 6000)</i>	8
Gambar 3.5	Semen kelas G.....	8
Gambar 3.6	<i>Furnace</i>	9
Gambar 3.7	<i>Sieve 400 Mesh</i>	9
Gambar 3.8	<i>Ultrasonic bath</i>	9
Gambar 3.9	<i>Stopwatch</i>	9
Gambar 3.10	<i>Cement Mixer</i>	9
Gambar 3.11	Cetakan.....	9
Gambar 3.12	<i>Temperature Water Bath</i>	9
Gambar 3.13	<i>Hydraulic Pressure</i>	9
Gambar 3.14	Gelas Ukur.....	10
Gambar 4.1	Hasil Pengujian <i>Compressive Strength</i>	17
Gambar 4.2	Hasil Pengujian <i>Shear Bond Strength</i>	18
Gambar 4.3	Hasil Pengujian <i>Free Water</i>	18

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Semen <i>Compressive Strength Dan Shear Bond Strength</i>	11
Tabel 3.2 Faktor Koreksi Nilai t/d	12
Tabel 3.3 Komposisi <i>Free Water</i>	13
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian.....	14
Tabel 4.1 Komponen <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nano.....	15
Tabel 4.2 Komponen Utama <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nano	16
Tabel 4.3 Ukuran <i>Fly Ash</i> Daun Bambu Ampel Skala Nano.....	17
Tabel 4.4 Pengujian Semen Aditif Skala Mikro Dan Nano	19



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Perhitungan Pengujian <i>Compressive Strength</i>	25
LAMPIRAN II	Perhitungan Pengujian <i>Shear Bond Strength</i>	34
LAMPIRAN III	Hasil XRF Dan PSA.....	39



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

CS	Compressive strength
SBS	Shear bond strength
CSH	Calcium silicate hydrate
XRF	X-ray fluorescence
PSA	Particle size analyzer
API	American petroleum institute
FA	Fly ash
NFA	Nano fly ash



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SIMBOL

CS	Compressive strength, psi
SBS	Shear bond strength, psi
k	Faktor koreksi
P	Tekanan maksimum, psi
A1	Luas blok pada kubik, in ²
A2	Luas blok pada sampel semen, in ²
π	Konstanta
d	Diameter sampel, in
h	Tinggi sampel, in
f(x)	Nilai interpolasi
x0	Nilai dari data x ke 1
x1	Nilai dari data x ke 2
y0	Nilai dari data y ke 1
y1	Nilai dari data y ke 2
x	Center



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI DAUN BAMBU AMPEL SKALA
NANO UNTUK MENINGKATKAN *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN
SHEAR BOND STRENGTH SEMEN PEMBORAN**

AMALIADI MUQORROBIN

153210591

ABSTRAK

Kekuatan semen yang kuat dapat menjaga *casing* agar tetap kokoh, menahan tekanan dari arah horizontal maupun vertikal dan menutup zona bertekanan abnormal pada formasi. Maka dari itu perlu penambahan aditif pada suspensi semen agar kekuatan semen dapat sesuai dengan kondisi formasi tersebut. Salah satu bahan aditif alternatif yang telah diteliti yaitu bahan *pozzolan* dari FA daun bambu ampel. Didapatkan bahwa FA *daun* bambu ampel yang memiliki kandungan SiO_2 sekitar 50an persen mampu meningkatkan kekuatan semen.

Berdasarkan keberhasilan tersebut, peneliti ingin mengkaji lebih dalam lagi tentang *fly ash* daun bambu ampel ini dari segi ukuran butirannya. Apakah FA daun bambu ampel dapat dihasilkan suatu FA daun bambu ampel yang ukurannya berskala nanometer, karena diketahui bahwa apabila ukuran butiran aditif semen yang digunakan sangat kecil, ia akan mampu mengisi rongga semen yang kecil secara maksimal sehingga struktur semen lebih padat. Oleh karena itu peneliti akan mensintesis dan karakterisasi FA daun bambu ampel yang telah disonikasi menggunakan *X-ray fluorescence* (XRF) dan *particle size analyzer* (PSA) selanjutnya melakukan uji coba *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water* untuk dianalisis hasilnya.

Berdasarkan hasil pengujian *X-ray fluorescence* (XRF) pada FA daun bambu ampel skala nano didapatkan kandungan senyawa SiO_2 57%, Al_2O_3 1,6527% dan Besi (III) Oksida, Fe_2O_3 0,26%. Untuk hasil pengujian *particle size analyzer* (PSA) didapatkan ukuran butirannya dalam rentang nanometer yaitu sebesar 922 nm. Dari hasil pengujian *compressive strength*, dan *shear bond strength* dengan menambahkan variasi 0,5% sampai 2,5% aditif FA daun bambu ampel skala nano kedalam suspensi semen didapatkan nilai optimum *compressive strength* dan *shear bond strength* pada penambahan 1% FA daun bambu ampel skala nano sebesar 5.179,82 psi dan 570,36 psi. Selanjutnya dengan penambahan 1% aditif FA daun bambu ampel yang berskala nano didapatkan nilai *free water* sebesar 1,32%.

Kata Kunci : *Fly Ash, Compressive strength, Shear Bond Strength, Free Water*

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NANO SCALE AMPEL
BAMBOO LEAVES TO IMPROVE COMPRESSIVE STRENGTH AND
SHEAR BOND STRENGTH CEMENT DRILLING**

AMALIADI MUQORROBIN

153210591

ABSTRACT

The strong cement strength can keep the casing firm, withstand stresses from horizontal and vertical directions and seal the abnormal pressure zone in the formation. Therefore it is necessary to add additives to the cement suspension so that the strength of the cement can match the conditions of the formation. One of the alternative additives that have been studied is the pozzolanic ingredient from ampel bamboo leaves. It was found that FA ampel bamboo leaves which contain SiO₂ around 50 percent can increase the strength of cement.

Based on this success, the researcher wanted to examine more deeply about the ampel bamboo leaf fly ash in terms of grain size. Can the FA of ampel bamboo leaves be produced an FA of ampel bamboo leaves with a nanometer scale, because it is known that if the size of the cement additive used is very small, it will be able to fill the small cement cavity maximally so that the cement structure is denser. Therefore, the researcher will synthesize and characterize the FA of ampel bamboo leaves that have been sonicated using X-ray fluorescence (XRF) and particle size analyzer (PSA) and then test the compressive strength, shear bond strength and free water to analyze the results.

Based on the results of X-ray fluorescence (XRF) testing on the FA of nano-scale ampel bamboo leaves, it was found that the compound content of SiO₂ was 57%, Al₂O₃ 1.6527% and Iron (III) Oxide, Fe₂O₃ 0.26%. For the test results of the particle size analyzer (PSA), the grain size is in the nanometer range, which is 922 nm. From the test results of compressive strength and shear bond strength by adding a variation of 0.5% to 2.5% of the FA additive of nano-scale ampel bamboo leaves into the cement suspension, the optimum compressive strength and shear bond strength values were obtained in the addition of 1% FA ampel scale bamboo leaves. nano amounted to 5,179.82 psi and 570.36 psi. Furthermore, with the addition of 1% additive FA of ampel bamboo leaves with nano scale obtained a free water value of 3.3 ml.

Keywords: *Fly Ash, Compressive strength, Shear Bond Strength, Free Water*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kekuatan semen yang baik dapat menjaga dan mendukung *casing* agar tetap kokoh, menahan tekanan formasi dari arah vertikal maupun horizontal dan dapat menahan tekanan formasi yang abnormal (Samura, Ainurridha, & Zabidi, 2017). Salah satu jenis aditif alternatif yang dapat membantu meningkatkan kekuatan semen yaitu bahan yang bersifat *pozzolan* (Mursyidah et al., 2017). *Pozzolan* merupakan aditif yang mengandung silika dan memiliki sedikit atau tidak ada sama sekali sifat semen. Apabila bercampur dengan semen dan air akan bereaksi membentuk senyawa *calcium silicate hydrate* (CSH) yang dapat meningkatkan kekuatan semen dari semen biasa (Varma & Gadling, 2016).

Material pozzolan dapat disintesis dari daun bambu yang banyak ditanam di Indonesia (Sharma, Wahono, & Baral, 2018; Sucipta, Putra Negara, Tirta Nindhia, & Surata, 2017). Daun bambu apabila dikalsinasi akan mempunyai potensi yang mirip seperti *fly ash* sebagai *pozzolan* yang merupakan bahan penting dalam campuran semen. Kemiripan tersebut berasal dari kandungan senyawa silika yang lebih dari 50% (Morales et al., 2008). Penelitian penggunaan *fly ash* daun bambu sebagai aditif untuk meningkatkan kekuatan semen sudah dilakukan sebelumnya dibidang sipil (Mwero, & Adedeji, 2019; Umoh & Odesola, 2017).

Pengembangan penggunaan *fly ash* daun bambu ampel dalam bidang perminyakan telah mulai diteliti dengan fungsinya sebagai campuran suspensi semen pemboran berukuran skala mikro (30-100 μm) dengan kandungan senyawa SiO_2 58,9%, Fe_2O_3 0,49% dan Al_2O_3 0,38%. Untuk nilai optimum *compressive strength* dan *shear bond strength* dengan penambahan *fly ash* daun bambu ampel skala mikro yaitu 1374 psi dan 260 psi. Maka dari itu penelitian ini akan mensintesis dan karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel skala mikro menjadi ukuran nanometer selanjutnya menganalisis nilai *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water* dari penambahan aditif skala nano yang berasal dari *fly ash* daun bambu ampel pada semen pemboran.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

1. Sintesis dan karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel untuk menghasilkan ukuran skala nano.
2. Menganalisis nilai *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water* dari penambahan aditif *fly ash* daun bambu skala nano.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Mengembangkan teknologi bahan aditif alternatif dibidang *cementing* yang menghasilkan kekuatan semen yang baik melalui rekayasa *fly ash* daun bambu ampel yang berskala nanometer sehingga dapat nantinya dimanfaatkan oleh pihak industri migas dalam proses *cementing*.

1.4 BATASAN MASALAH

1. Agar penelitian ini terarah maka bahan daun bambu yang digunakan dalam penelitian ini difokuskan pada daun bambu jenis ampel yang diambil di Pasir Putih kota Pekanbaru.
2. Difokuskan kepada mensintesis dan karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel yang menghasilkan *fly ash* dalam skala nanometer.
3. Pengaruh aditif *fly ash* daun bambu ampel skala nano terhadap nilai *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water* semen pemboran hanya akan divariasikan dengan konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%.
4. Penggunaan *water bath* diatur pada suhu pada 38°C selama 6 jam kemudian dimatikan selama 18 jam (walaupun dalam metode adalah 24 jam dengan suhu 38°C) ini dikarenakan kondisi pada laboratorium pemboran yang belum bisa menggunakan alat yang *on* selama 24 jam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

”Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)”. (Q.S. Yunus :61)

2.1 *Pozzolan*

Pozzolan yang ditambahkan kedalam campuran semen dengan persentase tertentu dapat meningkatkan kekuatan semen dari semen biasa (Abushad & Sabri, 2017). Untuk rumus kimianya dapat di tulis $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2$ menjadi C-S-H (Dwivedi et al., 2006). *Calcium silicate hydrate* mempunyai sifat yang padat, ikatan yang kuat dan tidak dapat terlarut didalam air (Novrianti, Mursyidah, & Utama, 2017).

Bahan *pozzolan* memiliki kandungan silika yang lebih banyak dari pada silika yang dimiliki semen (Moghaddam et al., 2019; Shaikh & Supit, 2015; Varma & Gadling, 2016). Berdasarkan standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM) jika jumlah persentase $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih dari 50% maka sifatnya mirip dengan *pozzolan* jenis *fly ash* (ASTM 618, 2007).

Morales et al. (2008) melakukan uji coba pada bidang sipil untuk melihat reaksi *pozzolan* pada *fly ash* daun bambu. Dari hasil percobaan menghasilkan daun bambu yang dikalsinasi pada suhu 600°C memiliki kandungan materi yang berbentuk tidak beraturan atau *amorphous material* sehingga reaksi *pozzolan* menjadi tinggi.

Oktaviani, (2018) melakukan karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel menggunakan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) menghasilkan kandungan silika sebesar 54,89% - 60,19%. Selain itu juga ukuran permukaan dapat terlihat pada skala 5 dan 10 μm menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

2.2 Compressive Strength Dan Shear Bond Strength

Kekuatan semen terbagi dua yaitu *compressive strength* (CS) dan *shear bond strength* (SBS). *Compressive strength* adalah kekuatan semen yang dapat menahan tekanan formasi dari arah horizontal dan *shear bond strength* adalah kekuatan semen yang dapat menahan tekanan formasi dari arah vertikal. Untuk nilai *shear bond strength* biasanya 8 sampai 10 lebih kecil dari nilai *compressive strength* (Samura et al., 2017). Untuk semen pemboran nilai *compressive strength* yang direndam selama 24 jam biasanya minimal yaitu 1.000 psi (Al-seedi, 2012).

Penambahan *fly ash* daun bambu 10% kedalam semen menghasilkan nilai *compressive strength* yang optimum sebesar 21,1 Mpa. Hal ini disebabkan pembentukan *calcium silicate hydrate* secara sempurna yang dibantu dengan penambahan 10% *fly ash* daun bambu. Pada proses reaksi, *calcium silicate hydrate* ini berbentuk gel yang bersifat elastis sehingga dapat mengisi rongga semen sebelum *calcium silicate hydrate* ini mengeras (Onikeku et al., 2019).

Pada penelitian Dhinakaran & Chandana, (2016) dengan penambahan *fly ash* daun bambu sebesar 10% sampai 30% kedalam semen. Menghasilkan nilai *compressive strength* yang optimum sebesar 17,527 Mpa pada semen biasa yang tidak ditambahkan aditif *fly ash* daun bambu. Penambahan persentase *fly ash* daun bambu dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan lambatnya reaksi pembentukan *calcium silicate hydrate* secara sempurna.

Dari hasil penelitian Herianto, (2011) dengan menambahkan aditif *pozzolan* arang kelapa sawit kedalam suspensi semen pemboran menghasilkan penambahan *pozzolan* yang berlebihan, dapat mengganggu keseimbangan pembentukan *calcium silicate hydrate* hal ini dapat menurunkan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*. Penambahan arang kelapa sawit dengan jumlah banyak dapat mengurangi *free water* karena pada arang cangkang kelapa sawit terdapat komponen CaO dan SiO₂ yang mempunyai sifat menyerap air.

Free water adalah air yang terbebas dari suspensi semen. Jika *volume free water* berlebihan akan menyebabkan terbentuknya pori-pori pada semen sehingga kualitas semen menjadi buruk. Untuk nilai *free water* tidak boleh lebih dari 3,5 ml (Herawati, Rita, & Hermansyah, 2017). Dalam standar API nilai *free water* untuk semen kelas G tidak boleh lebih dari 5,90% (API Specification 10A, 2002).

Putra, (2019) melakukan uji coba penambahan 25% *fly ash* daun bambu ampel berukuran skala mikro (30-100 μm) kedalam suspensi semen dasar *class G* pemboran. Hasil *compressive strength* yang optimum yaitu 1.374 psi dan *shear bond strength* 260 psi. *Fly ash* daun bambu ampel ini memiliki kandungan senyawa SiO_2 sebesar 58,9%, Fe_2O_3 sebesar 0,49 % dan Al_2O_3 sebesar 0,38 %.

Partikel *pozzolan* dengan ukuran nano dapat mengisi rongga menjadi lebih padat, membuat reaksi menjadi lebih cepat daripada ukuran mikro sehingga menghasilkan kekuatan semen dapat meningkat (Astuti, Purwanto, & Lie, 2013). Menurut Hadi & Ameer, (2017) peningkatan *compressive strength* dengan penambahan *pozzolan* seperti nano silika disebabkan menyebarnya partikel nano silika keseluruh pori semen yang membantu pembentukan *calcium calcium silicate hydrate*.

2.3 Metode Sonikasi

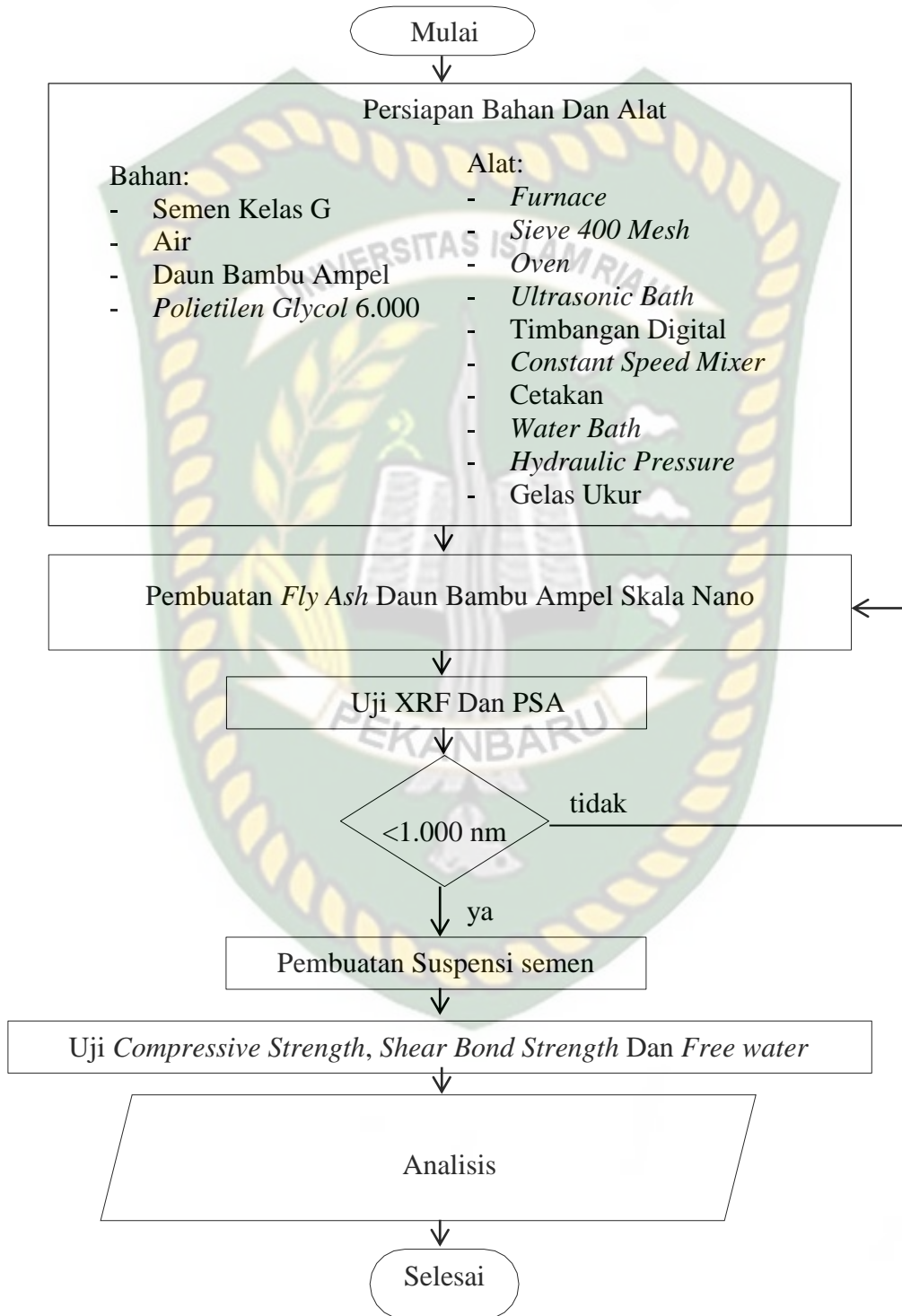
Metode sonikasi adalah salah satu metode yang dapat mengecilkan partikel menjadi berukuran yang lebih kecil hingga berskala nano dengan menggunakan *ultrasonic bath* yang memancarkan gelombang frekuensi suara sangat tinggi yang dapat merambat dalam medium cair. Gelombang frekuensi suara tersebut akan memotong partikel menjadi lebih kecil dalam skala nanometer (Ismayana, Maddu, Saillah, Mafquh, & Siswi Indrasti, 2017).

Menurut Betti & Astuti, (2013) dalam penelitiannya, penggunaan *ultrasonic bath* dengan frekuensi suara 20 kHz sampai dengan 56 kHz dapat mengecilkan partikel menjadi ukuran berskala nano dan juga dapat memisahkan gumpalan antar partikel sehingga ukuran partikel menjadi seragam.

Dari hasil penelitian penggunaan metode sonikasi yang dilakukan oleh Desianti, Rahmaniah, & Zelviani, (2018) dengan menggunakan *fly ash* batu bara sebagai bahan dasar didapatkan, *fly ash* batu bara yang dipancarkan dengan gelombang frekuensi suaranya 20 kHz selama 2 jam menghasilkan ukuran butiran partikel yang lebih kecil dari 1 jam.

BAB III METOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 METODOLOGI PENELITIAN

Metode dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah eksperimental di laboratorium. Setelah hasil eksperimen didapatkan akan dilakukan analisis dan pembahasan yang membawa kepada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian ini.

3.3 BAHAN DAN ALAT

3.1.1 Bahan

1. Daun Bambu Ampel

Daun bambu ampel yang akan digunakan diambil di jalan pasir putih, Pekanbaru, Riau. Untuk kegunaan penelitian ini dibutuhkan ± 30 kg.



Gambar 3.2 Daun Bambu Ampel

2. Air

Bahan yang digunakan untuk mencampurkan semen dengan aditif dengan pH yang stabil.



Gambar 3.3 Air

3. Polietilen Glycol 6000 (PEG 6.000)

Bahan yang digunakan sebagai media cair untuk menjaga ukuran partikel sampel agar stabil pada saat proses sonikasi (Desianti et al., 2018).



Gambar 3.4 Polietilen Glycol 6.000 (PEG 6.000)

4. Semen kelas G PT. Indo Semen

Merupakan semen standar sesuai *American Petroleum Institute* (API). semen ini kompatibel dengan aditif *accelerators* atau *extender*. Selain itu semen ini bisa langsung dicampur dengan aditif lainnya dilokasi pemboran (API Specification 10A, 2002).

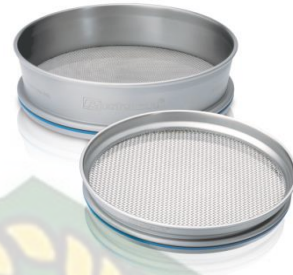


Gambar 3.5 Semen kelas G

3.1.2 Alat



Gambar 3.6 Furnace



Gambar 3.7 Sieve 400 Mesh



Gambar 3.8 Ultrasonic bath



Gambar 3.9 Stopwatch



Gambar 3.10 Cement Mixer



Gambar 3.11 Cetakan



Gambar 3.12 Temperature Water Bath



Gambar 3.13 Hydraulic Pressure



Gambar 3.14 Gelas Ukur

3.4 PROSEDUR PENELITIAN

3.4.1 Prosedur Pembuatan *Fly Ash* Bambu Ampel Dan Sonikasi Skala Nanometer

Langkah pembuatan *fly ash* daun bambu ampel skala nanometer mengikuti metode Dwivedi et al., (2006) sedangkan untuk sonikasi mengikuti metode Desianti et al., (2018) sebagai berikut:

1. pengabuan daun bambu ampel menggunakan tungku.
2. Kalsinasi abu daun bambu ampel ke dalam *furnace* dengan suhu 600°C selama 2 jam.
3. Menyaring *fly ash* daun bambu ampel menggunakan *sieve* ukuran mesh 400 atau 27.000 mikro.
4. Memanaskan PEG 6.000 didalam oven dengan suhu 105°C agar menjadi cair.
5. *fly ash* dilarutkan dengan PEG 6.000 perbandingan 1:5 lalu dicampur dengan aquades kemudian diaduk dengan tangan selama 15 menit.
6. Melakukan sonikasi menggunakan *ultrasonic bath* dengan waktu 120 menit.
7. Hasil sonikasi dikeringkan dengan oven kemudian didiamkan selama 2 hari.
8. Terakhir Kalsinasi lagi agar sisa surfaktan tidak ada lagi.

3.4.2 Sintesis Dan Karakterisasi *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nanometer Dengan XRF dan PSA

Melakukan uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Particle Size Analyzer* (PSA). Uji *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk melihat kandungan senyawa oksida pada *fly ash* daun bambu ampel skala nano sedangkan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk melihat distribusi ukuran nano partikel pada *fly ash* daun bambu ampel skala nano.

3.4.3 Prosedur Pembuatan Suspensi Semen

Pembuatan suspensi semen mengikuti standar *API Specification 10A* (2002) sebagai berikut:

1. Menimbang semen seberat 300 gram (*API Specification 10A*, 2002, p 10)
2. Menimbang air seberat 44% dari berat semen (*API Specification 10A*, 2002, p7)
3. Menimbang aditif *fly ash* bambu ampel skala nano sebanyak 0.5%, 1% , 1.5%, 2% dan 2.5% dari berat semen (Nelson & Guillot, 2006, p 660). Kemudian dimasukkan kedalam masing-masing sampel semen. Berat aditif yang ditimbang tidak sampai 3% mengikuti penelitian Hadi & Ameer, (2017).
4. Memasukkan air kedalam *cup mixer* kemudian menyalakan mesin *mixer* dengan kecepatan 4.000 rpm.
5. Memasukkan sampel semen kedalam *cup mixer* tidak kurang dari 15 detik lalu mengatur kecepatan mesin menjadi 12.000 rpm selama 35 detik.

Tabel 3.1 Komposisi Semen *Compressive Strength* Dan *Shear Bond Strength*

No	Sampel	Semen (gr)	FA skala nano (%BWOC)	FA skala nano (gr)	FA skala mikro (%BWOC)	FA skala mikro (gr)	Air (%BWOC)	Air (gr)
1	S1	300	-	-	-	-	44	132
2	S2	300	0,5	1,5	-	-	44	132
3	S3	300	1	3	-	-	44	132
4	S4	300	1,5	4,5	-	-	44	132
5	S5	300	2	6	-	-	44	132
6	S6	300	2,5	7,5	-	-	44	132
7	S7	300	-	-	1	3	44	132

3.4.4 Prosedur Pengujian *Compressive Strength* Dan *Shear Bond Strength*

Pengujian *Compressive strength* dan *shear bond strength* mengikuti standar *API Specification 10A* (2002) sebagai berikut:

1. Menyalakan *waterbath*.
2. Memasukkan suspensi semen kedalam cetakan semen kemudian direndam didalam *waterbath* dengan suhu 38°C selama 24 jam.
3. Mengeluarkan sampel semen dari cetakan semen kemudian didinginkan.
4. Memberikan nomor pada masing-masing sampel semen kemudian diletakkan di mesin *hydraulic pressure* untuk dihancurkan.
5. Catat hasil lalu menggunakan persamaan dari Buntoro & Rubiandini, (2001,p.3) untuk menentukan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength*.
6. Untuk rumus *compressive strength*

$$CS = kP\left(\frac{A1}{A2}\right) \dots\dots\dots(1)$$

CS = *compressive strength*, psi

k = t/d faktor koreksi

P = tekanan maksimum, psi

A1 = luas blok pada kubik, in²

A2 = luas blok pada sampel semen, in²

Apabila nilai t/d tidak seperti di tabel 3.2 maka perlu interpolasi menggunakan rumus interpolasi newton (Aanjaneya, 2017,p.14):

$$f(x) = y0 + \frac{y1 - y0}{x1 - x0}(x - x0) \dots\dots\dots(2)$$

f(x) = nilai interpolasi

x₀,x₁= nilai dari data x ke 1 dan 2

y₀,y₁= nilai dari data y ke 1 dan 2

x = center

Tabel 3.2 Faktor Koreksi Nilai t/d (ANUR, 2016,p. 48)

$\frac{t}{d}$	K
1,75	0,98
1,5	0,96
1,25	0,93
1	0,87
x	x

7. Untuk rumus *shear bond strength*

$$SBS = P \left(\frac{A1}{\pi dh} \right) \dots \dots \dots (3)$$

SBS= *shear bond strength*, psi

P = tekanan maksimum, psi

A1 = luas blok pada kubik, in²

π = konstanta

d = diameter sampel, in

h = tinggi sampel, in

3.4.5 Prosedur Pengujian *Free Water*

Prosedur Pengujian *Free Water* Mengikuti Metode (Herawati et al., 2017)

1. Mengisi gelas ukur dengan suspensi semen 250 ml dan diamkan selama 2 jam.
2. Catat *volume* air bebas yang keluar sebagai *free water* dalam persentase.
3. Batas maksimal *volume* untuk *free water* yaitu 3,5 ml.
4. Untuk standar *free water* dari API yaitu 5,90%

Tabel 3.3 Komposisi *Free Water*

No	Sampel	Semen (gr)	FA skala nano (%BWOC)	FA skala nano (gr)	FA skala mikro (%BWOC)	FA skala mikro (gr)	Air (%BWOC)	Air (gr)
1	S1	350	-	-	-	-	44	154
2	S2	350	0,5	1,75	-	-	44	154
3	S3	350	1	3,5	-	-	44	154
4	S4	350	1,5	5,25	-	-	44	154
5	S5	350	2	7	-	-	44	154
6	S6	350	2,5	8,75	-	-	44	154
7	S7	350	-	-	1	3,5	44	154

3.5 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Pekanbaru untuk proses kalsinasi *fly ash* daun bambu skala nano dan Laboratorium Teknik Pemboran Fakultas Teknik Universitas Islam Riau untuk pembuatan suspensi dan pengujian semen.

3.6 JADWAL PENELITIAN

Tabel 3.4 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Tahun 2020/2021						
	Bulan						
	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
Studi Literatur							
Pembuatan Proposal Penelitian							
Pembimbingan Proposal Penelitian							
Seminar Proposal Penelitian							
Pembuatan <i>fly ash</i> daun bambu ampel							
Sonikasi							
Uji XRF dan PSA							
Uji <i>Compressive Strength</i> , <i>Shear Bond Strength</i> , dan <i>free water</i>							
Sidang Tugas Akhir							

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Sintesis Dan Karakterisasi *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nano

4.1.1 Komponen *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nano

X-Ray Fluorescence (XRF) merupakan alat yang dapat melihat komponen pada suatu *material*. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan pancaran sinar-X dari suatu *material* yang akan diuji. Pancaran sinar-X ini akan ditangkap oleh detektor kemudian akan dianalisis hasilnya (Sari, Sumantri, & Imam, 2018). Pada penelitian ini akan melihat kandungan oksida yang berasal dari *fly ash* daun bambu ampel skala nano. Berikut hasil yang diperoleh dari pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) pada *fly ash* daun bambu ampel skala nano:

Tabel 4.1 Komponen *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nano

Komponen	Nilai Hasil Analisis (%)
Silika Dioksida, SiO ₂	57,0601
Kalium Oksida, K ₂ O	6,8145
Kalsium Oksida, CaO	6,7203
Fosfor pentaoksida P ₂ O ₃	2,0566
Sulfit, SO ₃	1,6577
Alumina, Al ₂ O ₃	1,6527
Klorida, Cl	0,9053
Besi (III) Oksida, Fe ₂ O ₃	0,2607
Mangan (IV) Oksida, MnO	0,1549
Titanium Dioksida, TiO ₂	0,1044
Zink Oksida, ZnO	0,0516
Stronsium Oksida, SrO	0,0162
Rubidium Oksida, Rb ₂ O	0,0104
Tembaga (II) Oksida, CuO	0,0099
Zirkonium Dioksida, ZrO ₂	0,0086
Broom, Br	0,0066

Pada tabel 4.2 didapatkan komponen Utama dari *fly ash* daun bambu ampel skala nano yaitu Silika Dioksida (SiO_2) sebesar 57% Alumina (Al_2O_3) sebesar 1,6527% dan Besi (III) Oksida, Fe_2O_3 sebesar 0,2607%. Hasil ini menunjukkan bahwa *fly ash* daun bambu ampel skala nano mempunyai kemiripan terhadap komponen kimia *fly ash* sesuai *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Jika jumlah persentase $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih dari 50% maka sifatnya mirip dengan *fly ash*.

Tabel 4.2 Komponen Utama *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nano

Komponen	Nilai Hasil Analisis (%)
Silika Dioksida, SiO_2	57,0601
Alumina, Al_2O_3	1,6527
Besi (III) Oksida, Fe_2O_3	0,2607
Total	58,973

4.1.2 Ukuran Partikel *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nano

Particle Size Analyzer (PSA) merupakan salah satu alat yang dapat mendeteksi partikel yang berukuran skala nanometer. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan hamburan cahaya laser yang dipancarkan ke arah sampel dengan menggunakan air sebagai medium kemudian ditangkap oleh detektor untuk diolah hasilnya (Sari et al., 2018).

d10 merupakan distribusi 10% ukuran yang terdeteksi dari 100% ukuran wadah, d50 merupakan distribusi 50 % ukuran yang terdeteksi dari 100% ukuran wadah dan d90 merupakan distribusi 90 % ukuran yang terdeteksi dari 10% ukuran wadah, jika tidak aturan dari suatu instansi maka untuk menentukan nilai distribusi perlu mencari statistik yang terbaik seperti nilai pada d50 yang merupakan nilai tengah. (Weiner, 2011). Pada percobaan ini akan melihat ukuran skala nano dari *fly ash* daun bambu ampel. Berikut hasil pengujian *Particle Size Analyzer* (PSA) pada *fly ash* daun bambu ampel skala nano:

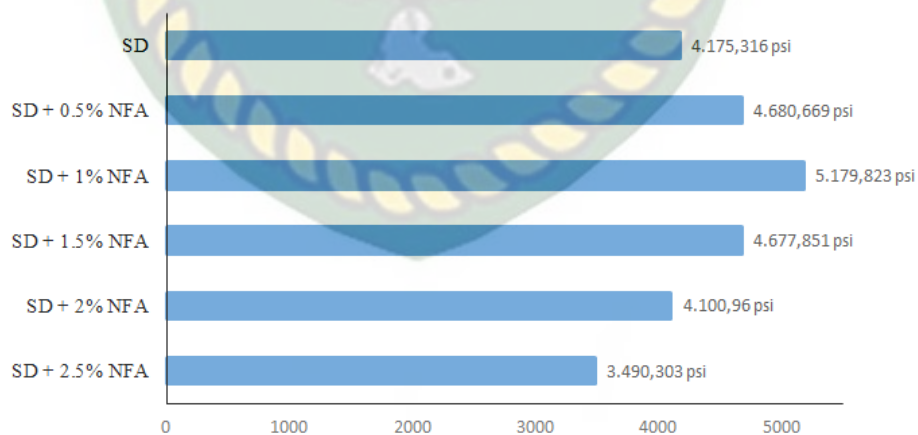
Tabel 4.3 Ukuran *Fly Ash* Daun Bambu Ampel Skala Nano

Diameter kumulatif (nm)	D(10%) (nm)	D(50%) (nm)	D(90%) (nm)
938,8	820,5	922,9	1.038,8

Dari hasil tabel 4.3 di atas ukuran partikel *fly ash* daun bambu ampel skala nano dianalisis berdasarkan teori yang disampaikan oleh weiner di atas, bahwa distribusi D(50%) merupakan nilai median yang dapat mewakili nilai distribusi ukuran partikel *fly ash* daun bambu ampel skala nano. Sehingga ukuran partikel *fly ash* daun bambu ampel yang diteliti ini adalah 922,9 nm. Ukuran *fly ash* daun bambu ampel ini adalah ukuran berskala nano dimana menurut Jeevanandam et al., (2018) rentang ukuran skala nano yaitu 1-1000 nm. Hasil penelitian ini 29 kali lebih efektif dari skala mikro dengan ukuran 400 mesh atau 27 μm .

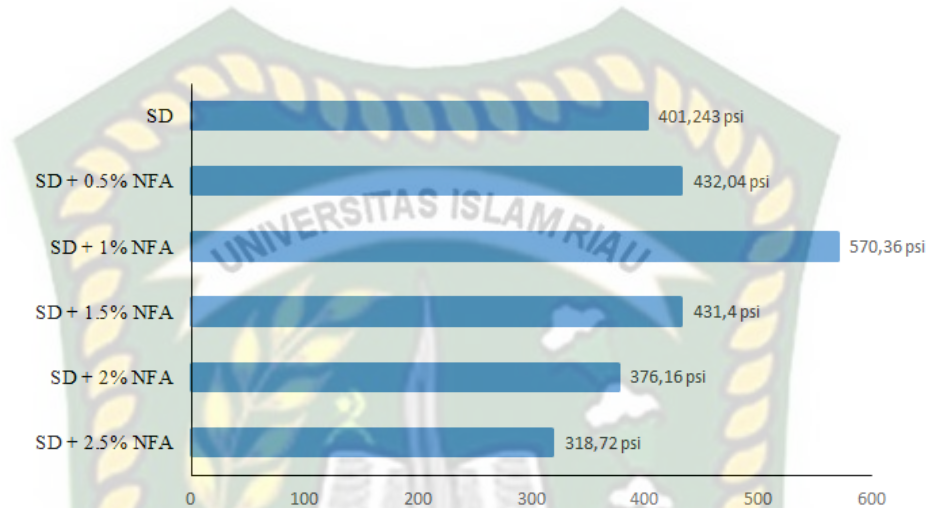
4.2 Hasil Pengujian *Compressive Strength*, *Shear Bond Strength* Dan *Free Water* Dengan Aditif *Fly Ash* Daun bambu Ampel Skala Nano

Pada gambar 4.1 dibawah merupakan hasil pengujian *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water* dengan penambahan *fly ash* daun bambu ampel skala nano sebagai aditif:

**Gambar 4.1** Hasil Pengujian *Compressive Strength*

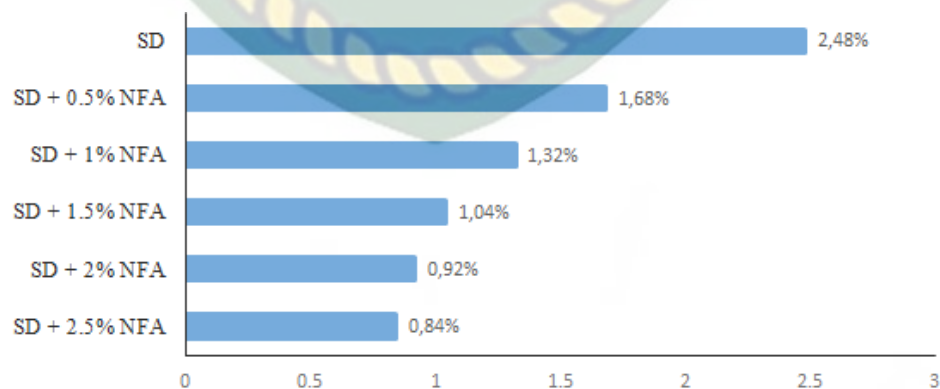
Dari gambar 4.1 dihasilkan nilai *compressive strength* semen dengan penambahan 1,5% menghasilkan nilai *compressive strength* yang optimum dari semen dasar sebesar 5.179,823 psi. Peningkatan nilai tersebut disebabkan

penambahan *fly ash* daun bambu ampel skala nano ke dalam suspensi semen yang membantu pembentukan *calcium silicate hydrate* dengan sempurna, hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Herianto, (2011). Apabila penambahan NFA yang terlalu banyak dapat menurunkan nilai *compressive strength* oleh karena itu tidak direkomendasikan penggunaan NFA lebih dari 1,5%.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian *Shear Bond Strength*

Dari gambar 4.2 diatas menghasilkan nilai *Shear Bond Strength* semen dengan penambahan 1,5% menghasilkan *Shear Bond Strength* yang optimum dari semen dasar dengan nilai 570,36 psi. Peningkatan nilai tersebut sama dengan pengujian *compressive strength* di atas yang disebabkan penambahan NFA ke dalam suspensi semen yang membantu pembentukan *calcium silicate hydrate* dengan sempurna, hasil ini sama dengan penelitian Herianto, (2011).



Gambar 4.3 Hasil Pengujian *Free Water*

Dari gambar 4.3 di atas menghasilkan nilai *free water* yang terus menurun, hal ini disebabkan oleh sifat senyawa SiO_2 yang terkandung dalam NFA yang dapat

menyerap air sehingga nilai *free water* dapat berkurang, hal sama dengan penelitian Herianto, (2011). Oleh karena itu jika merujuk pada standar *free water* yang ditetapkan API dengan nilai tidak boleh lebih dari 5,90% maka penggunaan NFA 0,5% sampai 2,5% dapat digunakan.

Pada tabel 4.4 dibawah merupakan hasil pengujian *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water* dengan penambahan *fly ash* daun bambu ampel skala mikro dan nano kedalam suspensi semen:

Tabel 4.4 Pengujian Semen Aditif Skala Mikro Dan Nano

Nama Pengujian	SD Tanpa Aditif	SD + 1% FA Mikro	SD + 1% NFA
<i>Compressive Strength</i>	4.175,316	4.528,294	5.179,823
<i>Shear Bond Strength</i>	401,243	430,64	570,362
<i>Free Water</i>	2,48%	1,74%	1,32%

Dari hasil tabel 4.4 di atas untuk nilai *compressive strength*, *shear bond strength* dan *free water*. Penambahan 1% NFA menghasilkan nilai yang lebih unggul dari pada penambahan 1% FA skala mikro dengan nilai *compressive strength* 5.179,823 psi dan *shear bond strength* 570,362 psi, Peningkatan ini disebabkan partikel dengan ukuran nano dapat mengisi rongga menjadi lebih padat, membuat reaksi menjadi lebih cepat dari pada ukuran mikro sehingga menghasilkan kekuatan semen dapat meningkat. Hasil ini sama dengan penelitian Astuti, (2013).

Untuk nilai *free water* dengan penambahan 1% NFA ke dalam suspensi semen menghasilkan nilai *free water* yang lebih kecil dari pada penambahan 1% FA skala mikro ke dalam suspensi semen. Hasil diatas menunjukkan penambahan 1% *fly ash* skala nano lebih efektif mengurangi *free water* daripada *fly ash* skala mikro.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil sintesis dan karakterisasi *fly ash* daun bambu ampel menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) didapatkan kandungan Silika Dioksida (SiO_2) sebesar 57%, Alumina (Al_2O_3) sebesar 1,6527% dan Besi (III) Oksida Fe_2O_3 sebesar 0,2607%. Ukuran butiran *fly ash* yang diuji menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) diperoleh *fly ash* daun bambu ampel sebesar 922,9 nm dan termasuk kategori skala nanometer.
2. Dengan menambahkan variasi konsentrasi 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% aditif *fly ash* daun bambu ampel skala nano ke dalam suspensi semen didapatkan nilai optimum pada penambahan 1% NFA dengan nilai *compressive strength* dan *shear bond strength* daun bambu ampel sebesar 5.179,82 psi dan 570,36 psi. Untuk nilai *free water* dengan penambahan 1% aditif *fly ash* daun bambu ampel skala nano didapatkan nilai sebesar 1,32%.

5.2 Saran

Peneliti menyarankan untuk meneliti lama variasi waktu sonikasi agar didapatkan ukuran partikel yang lebih kecil lagi. Kemudian media sonikasi agar diteliti selain air yang dicampur PEG 6000 seperti surfaktan jenis PEG 4000 atau deterjen.

DAFTAR PUSTAKA

- Aanjaneya, M. (2017). *Polynomial , Lagrange , and Newton Interpolation*, 14.
- Abushad, M., & Sabri, M. D. (2017). *Comparative Study of Compressive Strength of Concrete with Fly Ash Replacement by Cement*, 04(07), 2627–2630.
- Al-seedi, J. H. (2012). *Effects of Chrome Lignosulfonate Concentration and Temperature on Compressive Strength of Cement Class G Used in Oil Well Cementing*, 3(2).
- ANUR, H. (2016). Laporan resmi praktikum analisa semen pemboran.
- API Specification 10A. (2002). *Specification for Cements and Materials for Well Cementing API Specification 10A*.
- ASTM 618. (2007). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use*.
- Astuti, A. W., Purwanto, E. F., & Lie, H. A. (2013). Studi Eksperimental Aplikasi Material *Nano Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan Mortar Beton.
- Betti, D., & Astuti. (2013). Pengaruh Sonikasi Terhadap Struktur Dan Morfologi Nanopartikel Magnetik Yang Disintesis Dengan Metode Kopesipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 2(3), 2011–2014.
- Buntoro, A., & Rubiandini, R. (2001). *The Effect Of Neat Magnesium Oxide (Mgo) As Expanding Additive With Burning Temperature 1200°c And 1300°c*.
- Desianti, I., Rahmaniah, & Zelviani, S. (2018). Karakterisasi Nanosilika Dari Abu Terbang Menggunakan Metode *Ultrasonic*. *JFT*, 5(2), 101–108.
- Dhinakaran, G., & Chandana, G. H. (2016). *Compressive Strength and Durability of Bamboo Leaf Ash Concrete*, 10(3), 279–289.
- Dwivedi, V. N., Singh, N. P., Das, S. S., & Singh, N. B. (2006). *A new pozzolanic material for cement industry : Bamboo leaf ash*, 1(3), 106–111.
- Hadi, H. A., & Ameer, H. A. (2017). *Experimental Investigation of Nano Alumina and Nano Silica on Strength and Consistency of Oil Well Cement*, 23(12), 51–69.
- Herawati, I., Rita, N., & Hermansyah. (2017). Studi Laboratorium Pemanfaatan Abu Ampas Tebu Untuk Peningkatan Strength Semen Pemboran, 14(2).
- Herianto. (2011). Pemanfaatan Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai *Light*

Weight Additive Semen Pemboran.

- Ismayana, A., Maddu, A., Saillah, I., Mafquh, E., & Siswi Indrasti, N. (2017). Sintesis Nanosilika Dari Abu Ketel Industri Gula Dengan Metode Ultrasonikasi Dan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(2), 228–234.
<https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.2.228>
- Jeevanandam, J., Barhoum, A., Chan, Y. S., Dufresne, A., & Danquah, M. K. (2018). Review on nanoparticles and nanostructured materials: History, sources, toxicity and regulations. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 9(1), 1050–1074. <https://doi.org/10.3762/bjnano.9.98>
- Moghaddam, F., Sirivivatnanon, V., & Vessalas, K. (2019). The effect of fly ash fineness on heat of hydration, microstructure, flow and compressive strength of blended cement pastes. *Case Studies in Construction Materials*, 10, e00218. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00218>
- Morales, E. V., Villar-cociña, E., Valencia, E., Santos, S. F., Savastano, H., & Frías, M. (2008). Bamboo leaf ash as pozzolanic material : study of the reaction kinetics and determination of the kinetic parameters, (May 2014). <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.09.003>
- Mursyidah, Novrianti, Novriansyah, A., & Prasetya Utama, T. (2017). A study of cement additive from varied heating temperature of coconut shell charcoal to increase cement strength. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 101). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710103005>
- Nelson, E. B., & Guillot, D. (2006). *Well Cementing*, 799.
- Oktaviani, N. (2018). Ampel Bamboo Leaves Silicon Dioxide (SiO₂) Extraction.
- Onikeku, O., Shitote, S. M., Mwero, J., & Adedeji, A. A. (2019). The Open Construction & Building Evaluation of Characteristics of Concrete Mixed with Bamboo Leaf Ash, 67–80. <https://doi.org/10.2174/1874836801913010067>
- Putra, M. L. A. A. (2019). Studi Fly Ash Daun Bambu Ampel Terhadap Shear Bond Dan Compressive Strength Pada Semen Pemboran.
- Samura, L., Ainurridha, K. A., & Zabidi, L. (2017). Pengujian Compressive Strength Dan Thickening Time Pada Semen Pemboran Kelas G Dengan Penambahan Additif Retader, *Vi*(2), 49–54.

- Sari, W. P., Sumantri, D., & Imam, D. N. A. (2018). Pemeriksaan Komposisi Glass Fiber Komersial Dengan Teknik X-Ray Fluorescence Spectrometer (Xrf). *B-Dent, Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 1(2), 155–160. <https://doi.org/10.33854/jbdjbd.30>
- Shaikh, F. U. A., & Supit, S. W. M. (2015). Compressive strength and durability properties of high volume fly ash (HVFA) concretes containing ultrafine fly ash (UFFA). *Construction & Building Materials*, 82, 192–205. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.068>
- Sharma, R., Wahono, J., & Baral, H. (2018). Bamboo as an Alternative Bioenergy Crop and Powerful Ally for Land Restoration in Indonesia, 1–10. <https://doi.org/10.3390/su10124367>
- Sucipta, M., Putra Negara, D. N. K., Tirta Nindhia, T. G., & Surata, I. W. (2017). Characteristics of Ampel bamboo as a biomass energy source potential in Bali. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/201/1/012032>
- Umoh, A. A., & Odesola, I. A. (2017). *Characteristics of Bamboo Leaf Ash Blended Cement Paste and Mortar*, (May). <https://doi.org/10.9744/ced.17.1.22-28>
- Varma, M. B., & Gadling, P. P. (2016). *Additive to Cement-A Pozzolanic Material-Fly Ash Additive to Cement – A Pozzolanic Material-Fly Ash*, (February). <https://doi.org/10.17950/ijer/v5i3/010>
- Weiner, B. B. (2011). *What is a Continuous Particle Size Distribution?*, 3.