

# PENGARUH PENGGUNAAN *SILICAFUME* TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN POROSITAS BETON DI LINGKUNGAN GAMBUT

Sevnur<sup>1\*</sup>, Ridwan<sup>2</sup>, dan Muhammad Ikhsan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Riau

Pekanbaru, Riau

E-mail: sevnur130@gmail.com

## Abstrak

Pembangunan berbasis material beton saat ini merupakan hal yang sangat penting pada pembangunan infrastruktur. Salah satu pembangunan yang sering terjadi di lahan gambut. Seiring dengan hal ini, maka butuh beberapa tambahan material yang mampu memberi tahanan terhadap beton, agar mampu bertahan di lahan gambut yang diketahui mempunyai zat asam yang tinggi. Bergerak dari kondisi ini, maka salah satu material yang di tambahkan yaitu *silicafume*. *Job mix* yang dilaksanakan menggunakan aturan SNI 03-2834-2000, dengan perawatan menggunakan air gambut dan air tawar. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil kuat tekan di air gambut hanya 3,6% pada campuran silicafume 5% dengan menggantikan berat semen, dan 35% pada air tawar. Pada pengujian tarik belah tidak terdapat adanya perubahan yang signifikan. Sedangkan pada porositas seiring dengan penambahan silicafume sampai 20%, menjadikan porositas beton semakin meningkat dengan signifikan.

**Kata kunci:** Gambut, Porositas, *Silicafume* Tuliskan kata kunci dari tulisan anda dari khusus ke umum (3-7 kata).

## PENDAHULUAN

Gambut adalah material yang terbentuk pada kondisi anaerobik basah dalam kondisi asam yang berwarna hitam kecoklatan. Gambut mempunyai komposisi lebih dari 50% karbon dan merupakan bahan organik yang terurai secara bebas berbentuk bahan organik. Pembentukan 1 cm gambut membutuhkan waktu sekitar 10 tahun menurut Dion dkk, (2008). Ada banyak jenis asam yang dapat merusak beton, salah satu diantaranya adalah asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang sangat agresif terhadap beton. Berdasarkan Song (2007), Asam sulfat merupakan senyawa asam yang sering dijumpai disekitar lingkungan kita, yang terbentuk secara alam pada material tanah dan air yang agresif bila dibandingkan senyawa asam lainnya. Penelitian Sebayang (2006) menyimpulkan bahwa lingkungan asam bersifat merusak karena mampu mempengaruhi sifat fisik dan mekanis beton. Hal ini terjadi karena pelepasan agregat akibat mekanisme serangan asam pada air gambut yang bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $CaOH_2$ ), sehingga membentuk gypsum. Bila reaksi antara *gypsum* dengan kalsium aluminat hidrat menghasilkan ettringite yang berlebihan akan mengakibatkan ekspansi terhadap beton. Akibatnya terjadilah

disintegrasi yang menyebabkan pengeroposan pada beton hingga mengurangi masa layannya. Hal ini sejalan dengan penelitian Yusuf (2013) yang menyimpulkan kehancuran pada beton, retak dan ekspansi bisa disebabkan oleh terjadinya korosi pada pasta semen yang timbul dari serangan asam.

Indonesia dengan lahan gambut seluas 22,5 juta hektare (ha) merupakan negara terbesar kedua setelah brazil yang memiliki tutupan lahan gambut, menurut data Global wetlands. Riau yang mempunyai lahan gambut seluas 2,2 juta hektare merupakan propinsi ketiga yang mempunyai lahan gambut setelah Papua dan Kalimantan Tengah. Kabupaten Bengkalis yang merupakan salah satu Kabupaten berada di Propinsi Riau memiliki lahan gambut seluas 800 ribu hektar (ha) atau 69,98% dari total luas dataran kabupaten. Rieley (2000) menyimpulkan bahwa gambut di Kabupaten Bengkalis sebagian besar berupa gambut pantai yang secara umum dipengaruhi pasang surut dengan derajat dekomposisinya sebagian besar dapat digolongkan sebagai gambut saprik yang memiliki daya dukung beban rendah dengan tingkat keasaman tanah pH kurang dari 4,5.

Kekuatan beton sendiri akan mengalami peningkatan seiring dengan adanya bahan

tambah semen, agregat, dan kecilnya porositas yang terjadi. Pengurangan faktor air semen (fas) dan penambahan *additive* seperti *silica fume* sering digunakan untuk memodifikasi komposisi beton dan mengurangi porositas. Seiring dengan naiknya Faktor air semen, maka persentase porositas juga semakin meningkat (Sultan dkk, 2018)

Penelitian Senhadji dkk (2014) dinyatakan bahwa penambahan *silica fume* menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan pozzolan alami dan batu kapur. Sebagai contohnya, dengan penambahan 5%, 7.5% dan 10% *silica fume* pada campuran mortar akan meningkatkan kuat tekan meningkat hingga 5%, 6% dan 10% secara berturut turut pada saat mortar berumur 360 hari.

Ghutke dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh *silica fume* terhadap beton dengan variasi prosentase *silica fume*. Sampel beton yang dibuat berukuran kubus 150x150x150 mm dengan nilai faktor air semen 0,5 dan 0,6. Sampel beton lalu di tes tekan pada umur 7, 28, 91 dan 150 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil kuat tekan beton yang optimal dicapai pada persentase penggantian semen sebesar 10% sampai 15% oleh *silica fume* terhadap berat semen.

Pada penelitian kali ini, penulis mengkaji mengenai pengaruh *silica fume* pada campuran beton yang berada di lingkungan agresif sesuai dengan kondisi lapangan (alami). Untuk itu dalam penelitian ini akan memanfaatkan lahan gambut setempat sebagai kondisi lingkungan agresif. Dalam hal ini prosentase *silica fume* yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Variasi persentase *silica fume* bertujuan untuk mengetahui komposisi optimal pada beton dilahan gambut. Dari penambahan *silica fume* yang akan dicampur bersama adukan beton, juga akan dilihat pengaruhnya terhadap slump, kuat tekan, kuat tarik belah dan porositas, baik itu terendam di air tawar maupun di air gambut sebagai perawatannya

## METODE PENELITIAN

Pada pengujian ini kuat tekan rencana yang dirancang 20 MPa. Material agregat kasar menggunakan batu pecah dan agregat halus (pasir) yang di datangkan dari Tanjung Balai Karimun. Semen yang digunakan semen PPC. Penambahan *silica fume* sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, sebagai pengganti berat semen. Pengujian karakteristik material yang dilakukan :

1. Pengujian kadar air agregat (SNI 03-1971-

1990)

2. Pemeriksaan kadar lumpur agregat (SNI 03-1971-1990)
3. Pemeriksaan berat volume agregat (SNI 03-4804-1998)
4. Analisa saringan agregat (SNI 03-1968-1990)
5. Pemeriksaan berat jenis agregat (SNI 03-1970-1990)
6. Pengujian kadar organik agregat halus (SNI 03-2816-1992)

Benda uji yang dipersiapkan sebanyak 90 buah, dimana setiap variasi silicafume menggunakan 18 sampel benda uji. Pada setiap variasi silicafume akan dibagi kembali menjadi 6 sampel terkait dengan uji tekan, tarik belah dan porositas. Dari 6 sampel yang ada akan dibagi kembali terhadap perawatan menggunakan air sumur dan air gambut sebanyak 3 sampel masing-masing perawatan. Adapun langkah-langkah pelaksanaan secara umum:

1. Persiapan alat dan bahan material untuk pengujian.
2. Pemeriksaan agregat halus dan kasar: analisa saringan agregat halus, berat jenis dan penyerapan agregat halus, bobot isi agregat halus, dan kadar air agregat halus.
3. Semen yang digunakan PPC
4. Perhitungan rencana campuran (*Mix Design*).
5. Pembuatan benda uji, baik tanpa *silicafume* dan menggunakan *silicafume*.
6. Pengujian *slump*  $10 \pm 2$  cm pada beton segar dan dengan penambahan *silicafume*.
7. Perawatan benda uji pada rentang umur 28 hari.
8. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah pada beton menggunakan alat *Compression Testing Machine (CTM)*, sedangkan untuk porositas mengukur berat sampel kubus.
9. Analisa data.  
Dari hasil pengujian maka akan dibuat hubungan grafik yang sesuai dengan korelasi pengujian.

Langkah dalam proses pembuatan benda uji

- a. Siapkan alat dan bahan serta perlengkapan lain untuk pembuatan benda uji seperti silinder, molen, timbangan dan yang lainnya.
- b. Sapu silinder dengan oli
- c. Timbang bahan-bahan atau material sesuai dengan hasil dari perencanaan (*mix design*), letakan didalam wadah.
- d. Menghidupkan molen lalu memasukkan sedikit air kedalamnya untuk

- membersihkan bagian dalam molen tersebut, lalu dibuang.
- e. Material yang pertama masuk kedalam molen adalah kerikil, selanjutnya pasir lalu semen dan yang terakhir adalah air dengan waktu memasukkan yang telah ditetapkan untuk mendapatkan keseragaman beton yang direncanakan.
- f. Slump yang diinginkan adalah 10±2 cm
- g. Untuk beton dengan tambahan *silicafume*, masukkan *silicafume* setelah material beton dicampur, lalu dilakukan pengujian slump.
- h. Kemudian masukkan campuran pada cetakan silinder, tusuk perlahan sebanyak 25 kali dan di ketuk agar campuran beton merata.
- i. Setelah campuran sudah terisi semuanya, lalu rapikan permukaan dengan sendok semen permukaannya

Metode perawatan beton yang dilakukan menggunakan satu metode perawatan yakni dengan perendaman. Setelah pekerjaan *mix design*, beton akan dibiarkan selama 1 hari dimana setelah 1 hari cetakan beton akan dibuka dan beton dimasukkan ke dalam bak perendaman selama 28 hari terhitung dari hari cetakan dibuka untuk air sumur, dan direndam di dalam drainase yang terisikan air gambut.

**Uji Kuat Tekan**

Pengujian dilakukan pada sampel beton (benda uji) silinder ukuran φ15x30cm. Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton umur 28 hari. Pengujian kuat tekan ini tergolong sebagai *destructive test* dimana pengujian dilakukan dengan merusak benda uji. Kuat tekan dari sampel silinder beton didapat dengan membagi beban tekan maksimum dengan luas permukaan tekan dari sampel.

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dengan :

fc' : kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)

P : beban tekan (kg)

A : luas penampang benda uji ( cm<sup>2</sup> )

**Uji Kuat Tarik Belah**

Menurut SNI 1974-2011, panjang dan diameter benda uji silinder memiliki perbandingan tertentu dimana benda uji standar memiliki rasio L/D≈1.8 sampai dengan 2.2 dengan faktor koreksi sama dengan satu. Pengujian kuat tarik di laboratorium terhadap sampel silinder beton tadi dilakukan dengan alat Universal Testing Machine (UTM).

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi LD} \times \text{faktor koreksi} \tag{2}$$

P= beban tekan maksimum

L= tinggi silinder

D= diameter silinder

**Pengujian Porositas**

Pengujian porositas dilakukan pada sampel beton (benda uji) silinder ukuran kubus 15 x 15 cm. Pengujian porositas dilakukan di umur 28 hari. Pada setiap pengujian akan digunakan sampel beton sebanyak tiga buah. Lalu sampel tersebut direndam selama 24 jam untuk mengetahui berat sampel pada kondisi SSD. Diambil juga data berat sampel dalam kondisi kering dengan meletakkan sampel pada oven selama 24 jam. Persentase air void didapatkan dengan rumus,

$$\text{Persentase air void} = \frac{W_{SSD} - W_0 \times 100\%}{V \times BJ_w} \tag{3}$$

Dimana,

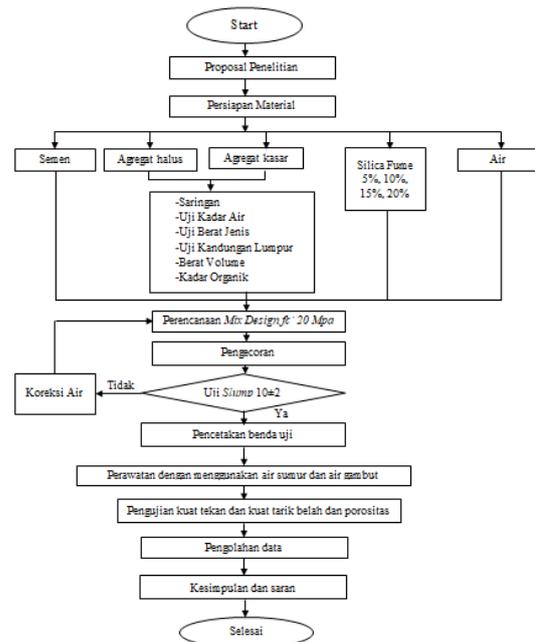
WSSD = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (kg)

W0 = berat benda uji setelah dioven (kg)

V = Volume benda uji

BJw = berat jenis air

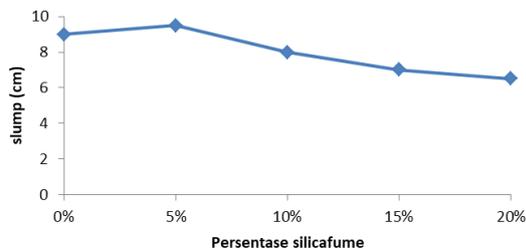
**Flowchart Metodologi Penelitian**



Gambar 1. Flowchart Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *slump* yang dilaksanakan untuk mengetahui tingkat keenceran dari adukan tersebut. Hasil uji *slump* untuk semua campuran beton yang mengandung silicafume 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dapat dilihat pada gambar 2.



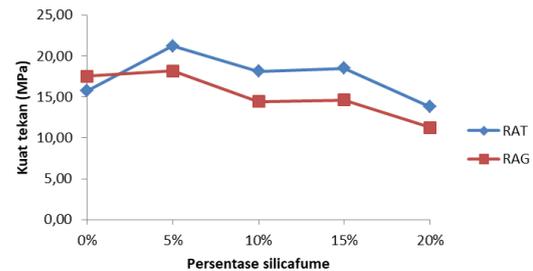
Gambar 2. Hasil Pengujian *Slump*

Tetapan nilai *slump* yang digunakan sebagai standar awal adalah  $10 \pm 2$  cm. Dari hasil pengujian *slump* yang telah dilaksanakan dapat dilihat bahwa adanya pengaruh terhadap penambahan *silicafume* di dalam campuran beton. Hal ini terlihat adanya perubahan nilai *slump* yang didapatkan. Dengan penambahan 5% *silicafume* pada dasarnya dikatakan hampir sama dengan *slump* awal beton, tetapi setelah ditingkatkan penambahan *silicafume* terlihat adanya penurunan nilai *slump*. Peningkatan penambahan *silicafume* sebesar 20% menjadikan penurunan nilai *slump* awalnya 9cm menjadi 6,5cm, yang menandakan *silicafume* memberikan efek samping terhadap penyerapan air di butiran *silicafume*. Sesuai dengan penelitian yang telah dilaksanakan oleh zai, dkk (2014), bahwa dengan adanya *silicafume* sebagai pengganti semen sebesar 20% dari berat semen, didapatkan terjadinya penurunan mencapai 24,8%. Hal ini disebabkan karena silica fume lebih banyak menyerap air jika dibandingkan dengan semen, sehingga adukan menjadi lebih kering yang kemudian mempengaruhi nilai *slump* beton segar menjadi semakin rendah sesuai dengan kadar silica fume yang ditambahkan

### Kuat Tekan Beton

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa penggunaan *silicafume* memberikan pengaruh terhadap pelaksanaan perawatan, di air sumur. Jumlah *silicafume* yang diberikan kedalam campuran beton sebesar 5% merupakan nilai optimal, karena terjadinya peningkatan kuat tekan sebesar 35% pada rendaman air sumur. Pada sampel dengan

rendaman air gambut tidak terlihat adanya peningkatan yang signifikan, walaupun juga ada peningkatan kecil di penambahan *silicafume* sebesar 3,6%. Perbandingan penurunan kekuatan dengan penambahan maksimal *silicafume* sebesar 20% menjadikan kekuatan lebih kecil, terlihat dengan adanya penurunan sebesar 12,2% di rendaman air sumur dan 28,2% di rendaman air gambut terhadap kuat tekan tanpa tambahan *silicafume* di rendaman air sumur.



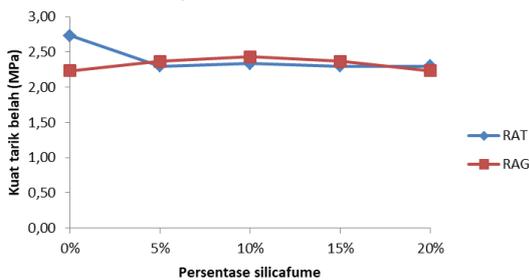
Gambar 3. Kuat Tekan Beton

Hal ini seiring juga dengan penelitian yang dilaksanakan Saleh (2017), dimana menggantikan 10 % semen dengan *silicafume*. Proses perendamannya di lakukan di air tanah yang terdapat larutan sulfat dan di air ledeng. Hasilnya menunjukkan di air tanah yang terdapat sulfatnya tidak mendapatkan hasil yang baik dari grafik kekuatan tekan. Hal ini terlihat adanya kekuatan yang turun naik pada penambahan hari perendaman. Hal ini juga seiring terjadinya penurunan nilai water cemen ratio yang ada. Terkait *silicafume* ini juga, dilihat dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan oleh Zai dkk (2014), bahwa beton dengan *silicafume* 10% sebagai pengganti berat semen mendapatkan hasil yang optimum, dan setelah itu terjadi penurunan kekuatan yang cukup drastis. Berdasarkan penelitian Kurniawandy dkk (2012), bahwa penggunaan air gambut untuk merawat beton menjadikan beton akan terus mengalami penurunan kekuatan, walaupun di dalam 90 hari perendaman ada peningkatan kekuatan sebesar. Hal ini kemungkinan akibat faktor asam organik yang dominan. Penurunan kekuatan yang terjadi pada sampel beton yang di tambahkan *silicafume* setelah penambahan 5%, pada air sumur walaupun tidak signifikan, disini kemungkinan adanya batasan maksimal pencampuran *silicafume* sebagai pengganti semen. Terlihat dengan adanya penurunan yang secara langsung seiring dengan penambahan *silicafume* sebagai pengganti semen. Berbeda dengan sampel yang direndam air gambut, tidak terlihat adanya nilai optimum dalam penambahan *silicafume*

sebagai pengganti semen, tetapi mampu memperlambat laju menahan serangan asam pada air gambut, yang penurunannya lebih kurang sama bentuknya pada air sumur dengan penambahan secara bertahap material silicafume.

**Kuat Tarik Belah Beton**

Dari gambar 4 dapat dijelaskan bahwa penggunaan silicafume tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap kuat tarik belah beton. Hal ini terlihat dari hasil kuat tarik belah rata-rata yang didapatkan bersifat hampir sama di seluruh penambahan silicafume.



Gambar 4. Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan penelitian Kumar dkk (2018), dengan menggantikan semen terhadap silicafume terlihat adanya kadar optimum yang menjadikan kekuatan tarik meningkat di umur 28 hari. Pada penggantian material semen terhadap silicafume sebesar 6% merupakan nilai optimum kekuatan tarik, dari maksimum penambahan silicafume 9%. Begitu juga berdasarkan penelitian Ravenndran dkk (2015), dimana penggantian semen dengan silicafume sebesar 10% merupakan nilai optimum yang didapatkan dari maksimum penambahan silicafume 20%.

**Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton**

Perbandingan terhadap kuat tarik yang di dapatkan dari eksperimen dapat dibandingkan dengan hasil penelitian lain dan aturan yang berlaku seperti SNI/ACI. Pada tabel 2 dapat dijelaskan nilai kuat tarik yang di dapatkan.

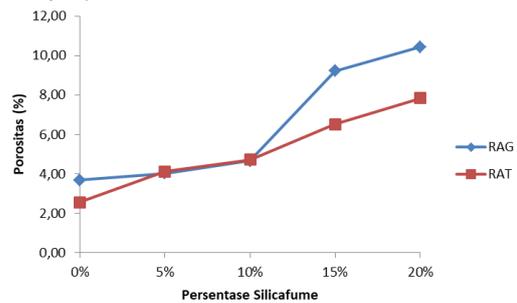
Tabel 2. Rekap Data Kuat Tarik Belah Beton

Silica (%)	Kuat Tekan (Eksperimen)	Kuat Tarik Teoritis		Kuat Tarik Eksperimen
		SNI (0,7√f <sub>c</sub> )	Peneliti lain (0,62√f <sub>c</sub> )	
0	15,70	2,77	2,45	2,73
5	21,20	3,22	2,85	2,30
10	18,13	2,98	2,63	2,33
15	18,47	3,00	2,66	2,30
20	13,77	2,59	2,30	2,30

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, disini dicoba untuk membandingkan hubungan kuat tekan dan tarik belah berdasarkan aturan SNI, peneliti lain, dan hasil eksperimen. Dari SNI T-15-1991-03 pasal 3.2.5 rumusan yang digunakan 0,7√f<sub>c</sub> untuk nilai tarik belah, sedangkan menurut peneliti lain yaitu Gerung dkk (2012) mendapatkan rumusan pendekatan kuat tarik belah 0,62√f<sub>c</sub>. Dari perbandingan rumus yang ada, dengan membandingkan hasil eksperimen tidak begitu jauh dari perbandingan yang ada.

**Porositas Beton**

porositas seperti pada gambar 5.yang terjadi pada rendaman air sumur lebih kecil dibandingkan pada sampel yang direndam di air gambut. Penurunan Porositas pada air sumur sebesar dua kali lipat seiring dengan peningkatan penambahan silicafume sebesar 20%. Berbeda dengan sampel yang direndam air gambut, porositas yang terjadi sebesar tiga kali lipat dari kondisi benda uji terhadap tanpa adanya penambahan silicafume.



Gambar 5. Porositas Beton

Kondisi porositas yang terjadi juga seiring dengan hasil kuat tekan yang terjadi, artinya semakin besar porositas yang terjadi maka kuat tekan beton pun menjadi lebih kecil. Berdasarkan kondisi ini dapat dijelaskan bahwa porositas menjadikan beton lebih tidak masif. Berdasarkan penelitian Kurniawandy dkk (2012) juga memperlihatkan bahwa pada umur 90 hari nilai porositas dan absorpsi yang terbesar adalah nilai porositas dan absorpsi yang ada pada lingkungan air gambut sebesar 5,33% dan 2,267%.

**PENUTUP**

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dijelaskan maka dapat disimpulkan bahwa:

- Pengaruh penambahan silicafume terhadap:
- Kuat tekan, terlihat pada rendaman air sumur ada peningkatan di tambahan silicafume 5%, walaupun tidak signifikan. Sedangkan pada tambahan berikutnya, menjadikan kekuatan terus menurun.

- b. Kuat tarik belah, pada rendaman air sumur adanya penurunan kuat tarik belah akibat adanya penambahan *silicafume* sampai penambahan *silicafume* maksimal.
- c. Porositas, dengan adanya penambahan *silicafume* porositas yang terjadi terus meningkat, seiring dengan adanya penambahan *silicafume* sampai nilai maksimal penambahan *silicafume* 20%.

Perbandingan pengaruh rendaman air sumur dan air gambut mendapatkan hasil:

- a. Kuat Tekan, dari hasil rendaman air sumur dan gambut terlihat pola peningkatan yang sama di *silicafume* 5% walaupun tidak signifikan, tetapi rendaman air gambut memberikan pengaruh pada sampel uji dimana kekuatan hasil tekan air gambut rata-rata di bawah air sumur.
- b. Kuat tarik belah, Pada kuat tarik belah pada rendaman air gambut sedikit ada perbedaan dengan air sumur, dimana pada rendaman air sumur mengalami penurunan, sedangkan pada air gambut mengalami peningkatan walaupun tidak besar.
- c. Porositas, Untuk nilai porositas juga mendapatkan pola yang sama, terjadi peningkatan nilai porositas baik pada air gambut dan air sumur pada penambahan *silicafume* 5% sampai 10%, dan terjadi peningkatan yang signifikan setelah itu pada rendaman air gambut dengan penambahan *silicafume* 15% sampai 20%

Dalam pelaksanaan penelitian ini ada beberapa saran dari penulis agar dapat lebih meningkatkan hasil pengujian di laboratorium antara lain:

1. Penelitian kedepan bisa mencari alternatif yang dapat memberikan perkuatan lebih dalam mengantisipasi meningkatnya porositas yang terjadi.
2. Penambahan *silicafume* juga bisa dicampur dengan bahan lainnya yang mampu memberikan pengaruh kekuatan tekan pada batasan 5% dengan mereduksi terjadinya porositas.

#### DAFTAR PUSTAKA

ASTM C39/C39M-05. 2005, *Standart Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken.

ASTM C496/C496M-04. 2004, *Standart Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken.

Dion, P. dan Nautiyal, C.S. (eds). (2008). *Microbiology of Extreme Soils*. Soil Biology 13. Springer-Verlag Heidelberg. Berlin.

Gerung, M.D.J. Sumajouw, S.E. Lerry M.N. Wallah., (2012, November), *Uji Tarik Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING Vol. 2, No. 4, Indonesia.

Ghutke, V. S., Bhandari, P. S., (2014), "Influence of Silica Fume on Concrete", IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, hal.44-47.

Global Wetlands (2019, april 16), *luas gambut Indonesia terbesar kedua di dunia* <https://katadata.co.id/timpublikasikatadata/infografik/5e9a519433cb1/luas-gambut-indonesia-terbesar-kedua-di-dunia>

Kumar, A. Iqbal, F. Memon, R.A, dan Habib, A.F., (2018, July), *Tensile And Flexural Strength Of Cement Silica Fume Concrete*, international Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) Volume 9, Issue 7, pp. 390–402, India.

Lee, D. S. Lee, C. H. Kim, J., Yang, H. J., 2009, *Geochemical characteristic of surface efflorescence on the seventh century stone pagoda in Republik of Korea*. Environ Geol 2009, 58, 197-204.

Mahyar. H, 2012., *Mikro Silika Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, REINTEK Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Terapan Vol.7, No.1.Tahun 2012.

Meidiani, S. Hartawan, M.F.S., 2017, *Penggunaan Variasi Ph Air (Asam) Pada Kuat Tekan Beton Normal F'c 25 Mpa*, Jurnal BENTANG Vol. 5 No. 2, 127-134.

Peter, M. A. Muntean, A. Meier, S. A. Bohm, M., 2008, *Competition of several carbonation reaction in concrete: A Parametric study*. Cement and Concrete Research 2008, 38, 1385-1393.

Raveendran. K.G, Rameshkumar. V, Saravanan. M, Kanmani. P, Sudhakar. S., (2015, Oktober), *Performance of Silica Fume on Strength and Durability of Concrete*, International Journal of Innovative Research in Science, Vol. 4, Issue 10, India

Rieley, J.O., (2000), *Overview of tropical peatlands: location, extent, importance, and impact*. *Tropical Peatlands*, 1:1-7.

Saleh.I.S., (2017), *Effect of External and Internal Sulphate on Compressive Strength of Concrete*, International Journal of Applied Engineering Research, Volume 12, Number 20 pp. 10324-10333, India.

Sebayang, S., (2006), *Pengaruh abu terbang sebagai pengganti sejumlah semen tipe V pada beton mutu tinggi*, Jurnal Teknik Sipil Vol. 6, No. 2.

Senhadji. Y, Escadeillas. G, Mouli. M, Khelafi H, Benosman., (2014), *Influence of Natural Pozzolan, Silica Fume and Limestone Fine on Strength, Acid Resistance and Microstructure of Mortar, Powder Technology*, Elsevier.

Sultan. M.A, Imran, Litolily. F., (2018, November), *Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat*

- Tekan Rata-Rata*, Jurnal Teknologi Sipil Volume 2, Nomor 2 November 2018.
- Song, Xiujiang., (2007), *Development and Performance of Class F Fly Ash Based Geopolymer Concretes against Sulphuric Acid Attack*. Sydney, Australia: The
- Yusuf, Yulizar., 2013. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen PCC Serta Analisis Air Laut Yang Digunakan Untuk Perendaman*. Lampung. Universitas Lampung.
- Zai. K.A, Syahrizal, Karolina. R., 2014, *Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Metode Aci (American Concrete Institute)*, Jurnal Teknik Sipil USU, Vol 3 No 3, Sumatera Utara