



## PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT (FIBER) KELAPA SAWIT TERHADAP POROSITAS BETON

Yeni Trianah<sup>\*</sup>, Santi Sani

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musi Rawas

<sup>\*</sup>Corresponding Author, Email : [trianah.yeni@yahoo.com](mailto:trianah.yeni@yahoo.com)

### ABSTRAK

*Porositas dapat didefinisikan sebagai ruang kosong diantara material (volume ruang kosong yang ditempati oleh fluida) terhadap volume total beton. Beton merupakan salah satu bahan yang sering digunakan dalam struktur bangunan yang mempunyai beberapa kelebihan dan mudah digunakan dan dikerjakan, mudah di bentuk sesuai kebutuhan, proses perawatan juga mudah dilakukan, ekonomis dalam pembuatannya karena menggunakan bahan-bahan lokal yang mudah diperoleh. Secara struktural beton memiliki kekuatan yang cukup besar dalam menahan gaya tekan. Beton dengan campuran serat merupakan beton yang dicampur dengan material serat serabut kelapa sawit, tetapi bisa juga diberikan tambahan berupa serat alami dan serat sintesis yang dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas dari beton. Penambahan serat serabut kelapa sawit dalam campuran adonan beton bisa memberikan kontribusi yang positif dalam pemanfaatan limbah serabut kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dengan membuat sampel uji beton berbentuk kubus dengan ukuran 50x50x50mm kemudian dilakukan uji porositasnya. Pengaruh penambahan serabut kelapa sawit pada campuran beton terhadap porositas beton berdasarkan analisis regresi menghasilkan nilai porositas beton minimum (P) sebesar 21,02761%.*

**Kata Kunci :** Serabut Kelapa Sawit, Porositas, Beton..

### ABSTRACT

*Porosity can be defined as the empty space between the material (volume of free space occupied by the fluid) to the total volume of concrete. Concrete is one of the materials that is often used in building structures which has several advantages and is easy to use and work on, easy to shape according to needs, the maintenance process is also easy to do, economical in its manufacture because it uses local materials that are easily obtained. Structurally, concrete has considerable strength in resisting compressive forces. Concrete with a mixture of fibers is concrete that is mixed with palm fiber fiber material, but it can also be added in the form of natural fibers and synthetic fibers that can be used to improve the quality of the concrete. The addition of palm fiber fibers in the concrete mixture can make a positive contribution to the utilization of palm oil fiber waste. This research was carried out using an experimental method by making a concrete test sample in the form of a cube with a size of 50x50x50mm then the porosity test was carried out. The effect of adding palm fiber to the concrete mixture on the porosity of the concrete based on regression analysis resulted in a minimum concrete porosity value (P) of 21.02761%.*

**Keywords:** Palm Fiber, Porosity, Concrete

### PENDAHULUAN

Teknologi dan inovasi dalam pembuatan beton selalu dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur. Beton merupakan salah satu bahan yang biasa digunakan sebagai bahan bangunan karena struktur dari beton mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, biaya perawatan yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan memiliki daya tekan yang tinggi (Paul, 2007). Proses pembuatan beton juga sangat mudah dilakukan serta bahan baku yang digunakan juga mudah didapatkan, sehingga harga beton juga relatif terjangkau. Selain itu, beton juga memiliki ketahanan yang baik terhadap kondisi lingkungan. Beton merupakan sebuah bahan bangunan yang terbuat dari kombinasi bahan agregat kasar dan halus serta

pengikat semen (terkadang juga ditambahkan *admixtures*), kombinasi dari agregat dan pengikat semen kemudian di cetak dan tunggu sampai hasil cetakan menjadi kesras seperti batuan. Proses pengerasan beton terjadi karena adanya proses kimiawi antara air dengan semen yang terjadi dari beberapa waktu, dengan demikian kekerasan pada beton akan bertambah seiring dengan bertambahnya waktu. Beton merupakan salah satu batuan buatan dengan memiliki karakteristik rongga pada partikel besar (agregat kasar) yang didalam rongga tersebut diisi oleh agregat halus dan akan diisi oleh pasta (campuran antara semen dan air) yang dapat juga berfungsi sebagai bahan perekat atau sehingga semua bahan penyusun menyatu dan menjadi massa yang padat (Melati, 2019).

Beton merupakan suatu batuan buatan yang dibuat antara campuran pasir, kerikil, batu pecah dan agregat lainnya yang di campur menjadi satu dengan ditambah suatu pasta atau adonan semen dan air sehingga terbentuk suatu batuan. Akan tetapi bahan adiktif yang digunakan untuk tambahan menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti pengerjaan (*workability*), durabilitas dan lamanya waktu pengerasan (Dipohusodo, 1990). Batuan buatan atau beton didapatkan dari cara pencampuran semen, air dan agregat lainnya dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Komposisi bahan pembuatan material beton tersebut di campur dengan merata dengan perhitungan komposisi tertentu sehingga diperoleh suatu adonan yang baik dan kemudian dituangkan dalam cetakan sehingga mudah dibentuk sesuai dengan keinginan. Campuran yang sudah dibuat jika didiamkan secara lama akan mengalami pengerasan itu terjadi karena adanya proses kimiawi antara semen dengan air yang berlangsung selama waktu yang lama dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umur waktu pengerasannya (Mulyono, 2005).

Pada proses pembuatan beton yang baik, semua butir agregat yang digunakan semuanya harus terbungkus dengan mortar. Jadi kualitas dari pasta atau mortar akan menentukan kualitas dari beton yang dibuat. Semen merupakan bahan utama dari pembuatan beton, walaupun hanya 7-15% jumlahnya dari campuran (Akbar, 2018). Sifat dari masing-masing bahan yang dipakai dalam pembuatan beton juga berbeda dalam hal pengerasan beton yang sudah lama ataupun beton yang baru dicetak. Di lain pihak, secara volumetris beton diisi oleh agregat sebanyak 70-75%, jadi agregat juga mempunyai peran yang sama pentingnya sebagai material pengisi beton.

Kualitas beton hasil pembuatan bisa ditentukan dari kualitas bahan yang digunakan untuk membuat beton, perhitungan komposisi harus sesuai dengan ukuran, cara pembuatan serta perawatan dari beton yang baik, serta penggunaan dari bahan yang sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan (Tjokrodimulyo, 1996). Bahan yang digunakan untuk membuat batuan buatan atau beton merupakan campuran dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air serta bahan tambahan lainnya (*admixture*) jika diperlukan. Untuk menghasilkan kualitas beton yang baik diperlukan material-material yang sesuai dengan kualitas standar sehingga diperoleh batuan buatan dengan kualitas baik. Menurut Setiawan dalam Purwanto dan Wardani(2020) penggunaan beton sebagai bahan konstruksi mempunyai keuntungan dan kerugian. Keuntungan beton adalah kuat tekannya tinggi, tahan terhadap api, strukturnya kaku, umur layan panjang dengan biaya perawatan rendah, dapat dicetak sesuai kebutuhan, tenaga kerja dalam pembuatannya tidak selalu ber keterampilan tinggi. Tetapi kerugiannya yaitu kuat tariknya rendah, perlu dicampur

elemen lain untuk membuat struktur tertentu, harus dicetak dilakukan perawatan, biaya cetaknya cukup tinggi, terkadang terjadi retakan akibat susut beton dan beban hidup yang bekerja, mutunya sangat tergantung pada pencampuran material dan proses percetakannya

Penggunaan material beton dalam pembangunan di wilayah sumatera selatan khususnya lubuklinggau semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah pendudukan makan jumlah kebutuhan pembangunan seperti pembangunan rumah ataupun sarana yang lainnya semakin meningkat pula. Disisi lain, pelaksanaan pembangunan perumahan untuk tempat tinggal dengan menekan biaya yang relatif murah merupakan program yang diupayakan oleh pemerintah dan sangat diharapkan oleh masyarakat pada saat ini. Dalam upaya untuk menekan biaya produksi, salah satu strategi yang digunakan adalah dengan memanfaatkan limbah serabut kelapa sawit karena limbah tersebut mudah diperoleh dan jarang digunakan sehingga pemanfaatan limbah serabut kelapa sawit bisa digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan beton (Renreng, dkk, 2015). Ide dasar penggunaan material seperti limbah serat serabut kelapa sawit adalah dengan menggunakan material yang tidak terpakai dan tidak dapat didaur ulang dan bernilai ekonomis bagi masyarakat sebagai bahan campuran dalam produksi beton. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kami mencoba menggunakan serat serabut buah kelapa sawit sebagai bahan baku tambahan dalam produksi beton. Serabut (*fiber*) kelapa sawit memiliki daya serap air yang cukup tinggi, sekitar 8-9 kali beratnya mampu menyerap air di sekitarnya. Selain itu, serabut kelapa sawit mengandung kadar garam yang rendah, sehingga bebas dari bakteri dan jamur (Arifin, dkk, 2018). Serabut kelapa sawit memiliki sifat fisik yaitu porositas densitas 95% kamba atau densitas curah  $\pm 0,25$  gram/ml (Wirman dkk, 2016).

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan serabut kelapa sawit ke dalam campuran beton. Serabut kelapa sawit diaplikasikan pada beton sebagai bahan tambahan untuk mengetahui daya serap air dari produk yang dihasilkan. Untuk mengetahui daya serap air pada beton perlu ditentukan apakah kemampuan menyerap air yang dihasilkan berpengaruh terhadap kuat tekannya, sehingga perlu dilakukan pengujian terhadap daya serap air pada beton. (Tumingan, dkk, 2016). Dengan menambahkan serabut kelapa sawit yang berdimensi kecil dan dengan prosentase yang kecil, diharapkan bahan tambah dapat mengisi rongga secara memadai untuk memberikan massa yang lebih padat dan mungkin menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi.

Beton dengan tambahan serabut kelapa sawit mempunyai karakteristik kuat terhadap gaya tekan, akan tetapi memiliki nilai porositas yang baik. Kualitas beton dengan regangan yang umumnya rendah juga dapat menyebabkan penurunan kekuatan tekan yang cepat setelah beton mencapai beban maksimum, sehingga bisa terjadi keruntuhan secara tiba-tiba. Dengan demikian inovasi dalam pembuatan variasi beton dengan tambahan serat (*fiber*) kalapa sawit sangat diperlukan, dengan menggunakan serabut kelapa sawit di dalam beton diharapkan dapat menghambat terjadinya keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba.

### **Serabut Buah Kelapa Sawit**

Kelapa Sawit merupakan tanaman komoditi unggulan di sumatera selatan dan bahan baku pembuatan minyak nabati berupa *Crude Plam Oil* (CPO), Selain menghasilkan CPO,

dalam proses pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan berbagai jenis limbah, yang salah satunya adalah serat. Serat merupakan limbah sisa perasan buah sawit berupa serabut (Zulkifly, dkk, 2013). Bahan ini mengandung protein kasar sekitar 4% dan serat kasar 36% (lignin 26%). Serat atau serabut didapat dari bagain dalam buah sawit yang diproses dalam mesin (alat pengempa). Pengempaan (proses pemerasan) merupakan salah satu proses pengolahan kelapa sawit, di mana serat biasanya berukuran pendek sesuai buah sawit. Kandungan kimia serabut didominasi oleh glukosa sebanyak 219kg/ton berat kering, xylan 153 kg/ton berat kering, lignin 234 kg/ton berat kering, SiO<sub>2</sub> 632 kg/ton berat kering, K<sub>2</sub>O 90 kg/ ton berat kering, dan CaO 72 kg/ton berat kering.

Serabut (*fiber*) buah kelapa sawit adalah limbah dari perasan buah sawit yang berbentuk serabut seperti benang. Serabut (*fiber*) buah kelapa sawit ini mengandung protein kasar sekitar 4% dan serat kasar 36% (lignin 26%) serta mempunyai kalor 2637 kkal/kg – 3998 kkal/kg. Serabut (*fiber*) kelapa sawit sebagai alternatif bahan bakar merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit yakni ampas serabut (*fiber*) yang di produksi dari stasiun *fiber cyclone* setelah melewati proses ekstraksi melalui unit *screw press*.

### Porositas

Porositas adalah besarnya pori-pori yang ada didalam beton sehingga persentase ruang-ruang kosong sebagai salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi kekuatan beton. Rongga-rongga atau ruang kosong di selang material yang terdapat pada beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton dalam batuan komposit beton tetap muncul walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini dapat mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan banyaknya volume pori-pori maka nilai porositas yang tinggi akan mempengaruhi kualitas dari kekuatan beton.

Beton memiliki rongga-rongga didalamnya disebabkan oleh rongga kosong yang berisi udara yang terbentuk selama proses pencetakan. Hal ini bisa terjadi karena dalam proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan air yang berlebihan dibandingkan dengan semen dan senyawa yang digunakan dalam pencampuran adonan beton (Fansuri, dkk, 2020). Air ini menggunakan ruangan dan bila kemudian kering akan menimbulkan ronggarongga udara. Dapat ditambahkan bahan selain air yang digunakan sehingga pemakaian ruangan dan kelak menjadi rongga akan sedikit tetapi bisa terbentuk juga rongga pori-pori udara langsung pada jumlah persentase yang kecil. Hal lain adalah terdapatnya pengurangan volume absolut dari semen dan air setelah reaksi kimia dan terjadi pengeringan sedemikian rupa sehingga pasta semen sudah kering akan menempati volume yang lebih kecil dibandingkan dengan pasta yang masih basah, berapapun perbandingan air yang digunakan (Sultan, 2019).

Selain itu timbulnya rongga pori-pori yang ada didalam butiran pencampuran agregat yang terbentuk dari udara yang terjebak dalam butiran ketika pembentukan dekomposit mineral. Komposisi dari agregat yang menempati kurang lebih 70-75% dari volume beton akan sangat berpengaruh terhadap porositas beton akibat porositas yang dimiliki oleh agregat sendiri. Gradasi atau ukuran butiran yang dimiliki oleh agregat juga berpengaruh terhadap nilai porositas beton karena dengan ukuran yang seragam maka porositas akan

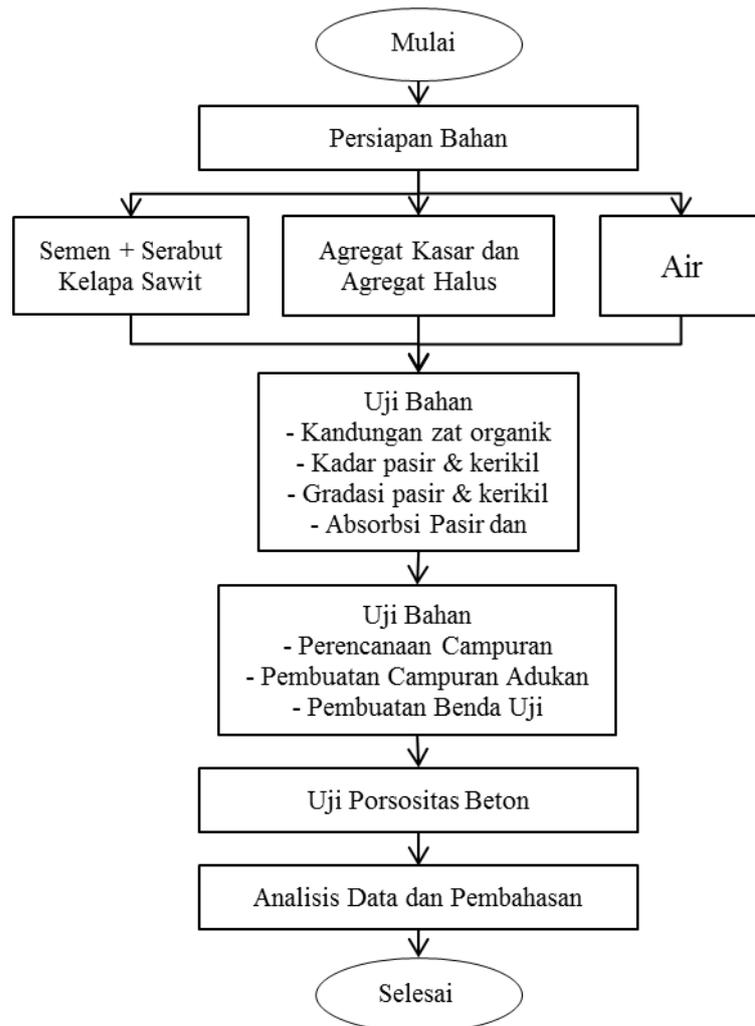
semakin besar sedangkan dengan ukuran yang tidak seragam porositas beton justru berkurang. Hal ini dikarenakan butiran yang kecil dapat menempati ruangan/pori diantara butiran yang lebih besar sehingga porositas beton menjadi kecil.

**METODOLIGI PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan 4 perlakuan untuk melakukan uji porositas, masing-masing bahan dilakukan pengujian 3 kali perlakuan sehingga diperoleh data seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Sampel Benda Uji Beton dengan Bahan Tambah Serabut Kelapa Sawit

Bahan Tambah Serabut Kelapa Sawit	Ukuran Benda Uji	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji	Keterangan
0%	Kubus (50 x 50 x 50 mm)	Porositas	3	Pengujian umur 28 Hari
10%			3	
20%			3	
30%			3	
Jumlah Benda Uji			12	



Gambar 1. Diagram Alir penelitian

### Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan pada sampel berbentuk kubus dengan ukuran 50 x 50 x 50 mm. tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya prosentase pori-pori beton terhadap volume beton padat. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Melepas benda uji dari cetakan setelah berumur 1 hari kemudian dirawat di bak curing.
2. Sampel masing-masing umur benda uji diangkat dari bak curing dan diangin-anginkan.
3. Menyiapkan benda uji lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam.
4. Benda uji dikeluarkan dari oven dan diangin-anginkan pada suhu kamar (25°C) kemudian ditimbang dan didapatkan berat beton kondisi kering oven (C).
5. Benda uji dimasukkan ke dalam desicator guna proses pemvacuuman benda uji dengan vacuum pump. Proses pemvacuuman benda uji dilakukan selama 24 jam. Setelah divacuumkan, benda uji dialiri air sampai semua benda uji benar-benar terendam air. Perendaman benda uji juga dalam kondisi vacuum dan dilakukan selama 24 jam. Setelah perendaman selama 24 jam kemudian ditimbang dalam air dan didapatkan berat beton dalam air (A).
6. Benda uji dikeluarkan dari dalam air dan dilap permukaannya untuk mendapatkan kondisi SSD kemudian sampel ditimbang dan didapatkan berat beton kondisi SSD setelah perendaman (B).

Dari hasil pengujian diatas kemudian dihitung besarnya porositas benda uji dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

dengan A (berat sampel dalam air, *W water* (gram), B (berat sampel kondisi SSD, *W saturation* (gram), C (berat sampel kering oven, *W dry* (gram)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian porositas ini dilakukan terhadap beton yang sudah dibuat dan berusia selama 28 hari. Pengujian beton hasil cetakan kubus yang berukuran 50x50x50 mm untuk setiap variasi penambahan serabut kepala sawit. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya serap air (porositas) pada beton hasil cetakan. Sebelum dilakukan pengujian beton hasil cetakan di timbang terlebih dahulu pada saat kondisi kering oven (C), direndam dalam air (A), dan kondisi SSD (B) kemudian dicatat hasilnya sesuai dengan hasil penimbangan. Besarnya porositas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

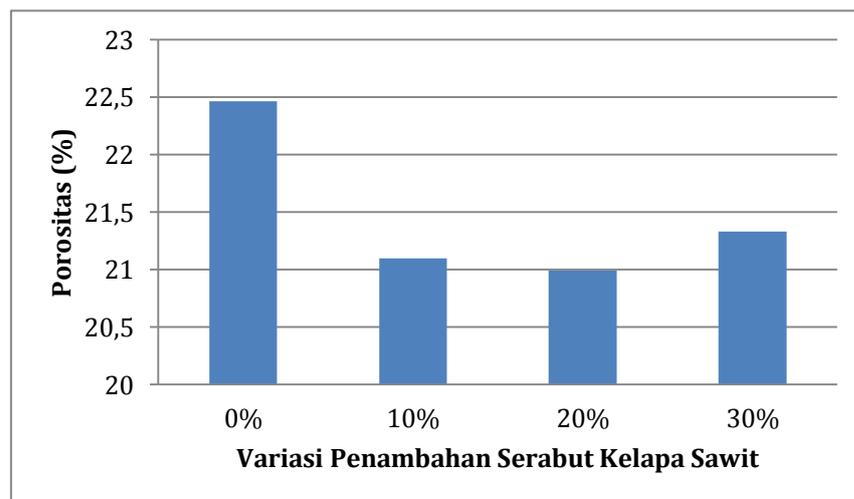
$$\text{Porositas} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\%$$

Berdasarkan pengujian pada tiap variasi beton diperoleh nilai porositas yang disajikan dalam tabel berikut

Tabel 2. Hasil Pengujian Porositas

No	Serabut Kelapa Sawit	Berat Kering Oven (gr)	Berat Beton dalam Air (gr)	Berat Beton Kondisi SSD (gr)	Nilai Porositas
1	0%	301	192,5	331	21,66064
2		311	197	345	22,97297
3		305	193	338	22,75862
Rata-rata					22,46408
1	10%	301	192,5	337	22,14532
2		330	209	361	20,39473
3		311	196,5	341	20,76124
Rata-rata					21,10043
1	20%	308	195	338	20,97902
2		300	190	330	21,42857
3		306	194	335	20,56737
Rata-rata					20,99165
1	30%	303	192	334	21,83098
2		323	204	355	21,19205
3		310	197	340	20,97902
Rata-rata					21,33401

Dari data pada tabel 2 di ats. diperoleh grafik hubungan porositas dengan variasi penambahan serabut kelapa sawit yang digambarkan pada gambar berikut



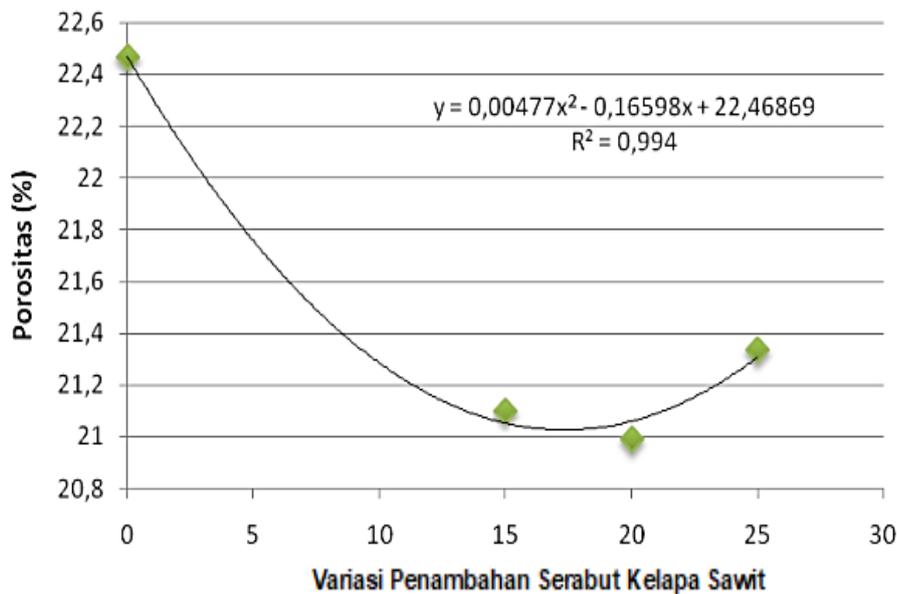
Gambar 2. Grafik Hubungan Porositas dengan Variasi Penambahan Serabut Kelapa Sawit

Dari tabel 2. dan gambar 2 di atas diketahui bahwa nilai porositas beton berturut-turut untuk beton dengan variasi penambahan serabut kelapa sawit untuk perkerasan kaku sebesar 0%, 15%, 20%, 25% adalah 22,46408%, 21,10043%, 20,99165%, 21,33401%. Dari Gambar 2. analisis terhadap hasil pengujian dengan menggunakan fasilitas trendline pada Microsoft Excel diketahui bahwa nilai porositas beton yang minimum adalah 21,02761% pada variasi penambahan serabut kelapa sawit sebesar 17,36357% berdasarkan persamaan regresi polynomial orde 2 yang terbentuk.

Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa serabut kelapa sawit berperan sebagai pengisi ruang kosong (rongga) diantara butiran-butiran semen sehingga serabut kelapa

sawit akan menambah kekedapan. Sehingga dapat diketahui bahwa serabut kepala sawit selain sebagai bahan pengikat alternatif juga dapat menjadi bahan pengisi (*filler*). Setelah terjadinya proses hidrasi dimana air semen telah kering maka akan menimbulkan pori-pori pada beton, maka dengan penambahan serabut kelapa sawit akan menjadi bahan pengisi (*Filler*) yang mengakibatkan serapan air menjadi berkurang dan porositasnya menjadi kecil sehingga serabut kelapa sawit sangat tepat digunakan sebagai bahan campuran beton untuk perkerasan kaku.

Dengan memanfaatkan fasilitas *trendline* pada *Microsoft Excel* maka dapat diperoleh regresi dari data variasi kadar penambahan serabut kelapa sawit dengan data pengujian porositas beton. Hubungan antara nilai porositas dengan variasi penambahan serabut kelapa sawit disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Regresi Nilai Porositas dengan Penambahan Serabut Kelapa Sawit

Dari Gambar 3. diperoleh nilai  $R^2 = 0,994$  yang mana nilainya mendekati 1 sehingga ada hubungan antara kedua variabel yang dianalisa. Sedangkan persamaan yang dihasilkan digunakan untuk mencari besarnya kadar penambahan serabut kelapa sawit dan besarnya nilai porositas beton.

Perhitungan kadar penambahan serabut kelapa sawit yang optimum untuk menghasilkan nilai porositas beton yang minimum adalah sebagai berikut:

$$P = 0,00477 (FA)^2 - 0,16598 (FA) + 22,46869$$

dengan,

P = porositas beton (%)

FA = kadar penambahan serabut kelapa sawit (%)

P minimum terjadi pada  $dP/d(FA) = 0$ , maka  $dP/d (FA) = 0,00956 (FA) - 0,16599$

Dari persamaan di atas diperoleh nilai FA dan P sebagai berikut:

$$FA = \frac{0,16599}{0,00956} = 17,36357$$

Dengan memasukkan nilai FA ke persamaan awal maka diperoleh:

$$P = 0,00477 (17,36357)^2 - 0,16598 (17,36357) + 22,46869$$

$$P = 21,02761$$

Dari hasil perhitungan di atas diambil nilai FA = 17,36357 yang berarti kadar penambahan serabut kelapa sawit yang optimum adalah sebesar 17,36357% yang akan menghasilkan nilai porositas beton minimum (P) sebesar 21,02761%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh penambahan serabut kelapa sawit berpengaruh terhadap porositas beton berdasarkan analisis regresi didapatkan rumus  $P = 0,00477 (17,36357)^2 - 0,16598 (17,36357) + 22,46869$ , dengan P = porositas beton (%), FA= kadar penambahan serabut kelapa sawit (%), dengan harga  $R^2 = 0,994$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. I. (2018). *Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton*. Rekayasa Teknik Sipil, 1(1/REKAT/18).
- Arifin, M., Nisa, C., & Mariana, Z. T. (2018). *Respon Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Varietas Anjasmoro Terhadap Pemberian Bokashi Serabut Buah Kelapa Sawit*. Agroekotek View, 1(1), 13-20.
- Dipohusodo, Istimawan. 1990. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia.
- Fansuri, S., Diana, A. I. N., & Desharyanto, D. (2020). *Penggunaan Campuran Serbuk Kerang Lokal Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Pembuatan Beton*. Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi), 2(1), 15-20.
- Paul Nugraha, Antoni. 2007. *Teknologi Beton, dari material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Melati, S. (2019). *Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik Dan Kuat Tekan Uniaksial Pada Contoh Batulempung, Andesit, Dan Beton*. Jurnal Geosapta, 5(2), 133.
- Mulyono, T, 2005. *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Purwanto, H., & Wardani, U. C. (2020). *Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225*. Jurnal Deformasi, 5(2), 103-112.
- Renreng, I., Muchsin, A. H., & Mandala, L. F. (2015). *Kekuatan Tarik Komposit Serat Kelapa (Cocos Nucifera) Dengan Perlakuan Curcuma Domestica*. Jurnal Mekanikal, 6(1).
- Sultan, M. A. (2019). *Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata*. Teknologi Sipil, 2(2).

- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri: Yogyakarta.
- Tumingan, T., Tjaronge, M. W., Sampebulu, V., & Djamaluddin, R. (2016). *Penyerapan dan Porositas pada Beton Menggunakan Bahan Pond Ash Sebagai Pengganti Pasir*. *Jurnal Poli-Teknologi*, 15(1).
- Wirman, S. P., Fitri, Y., & Apriza, W. (2016). *Karakterisasi komposit serat sabut kelapa sawit dengan perekat PVAc sebagai absorber*. *Journal Online of Physics*, 1(2), 10-15.
- Zulkifly, N. H., Aswad, N. H., & Talanipa, R. (2013). *Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Beton Normal*. *STABILITA|| Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 1(2), 121-128.



*Jurnal Deformasi* is licensed under  
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License