

PENGARUH KOMPOSISI BLOWING AGENT PADA MATERIAL BETON RINGAN (CONCRETE FOAM) YANG DIPERKUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Sony A. Sembiring¹, Bustami Syam², Syahrul Abda³, M. Sabri⁴, Indra⁵, Mahadi⁶

Email: andreasgorga@yahoo.co.id

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Jln. Almamater Kampus USU Medan 20155 Medan Indonesia

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia. Selama ini tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang merupakan hasil dari pengolahan kelapa sawit hanya digunakan sebagai pupuk. Pada penelitian ini dilakukan riset yang akan menambah nilai ekonomis dari tandan kosong kelapa sawit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan proses pembuatan yang sesuai dengan kemampuan beton, mendapatkan komposisi material yang sesuai dengan kemampuan beton, serta mendapatkan tegangan dan regangan struktur beton ringan yang diperkuat serat TKKS akibat bebat statik. Pengujian yang dilakukan terhadap benda uji yang telah dihasilkan adalah pengujian tarik belah. Dari hasil penelitian ini didapat kesimpulan bahwa perbandingan antara tinggi cetakan dengan volume bahan campuran material beton ringan (Concrete foam) adalah 1:0,75. Komposisi material dari beton ringan (Concrete foam) yang terbaik adalah komposisi K3: semen 23,7%; pasir 47,4%; air 14,7%; blowing agent 12,9%; serat TKKS 1,3%. Hasil dari pengujian tarik belah diperoleh nilai tegangan adalah 275.324,9 Pa, regangannya adalah 0,11 dan modulus elastisitasnya adalah 2,4 MPa.

Kata kunci: beton ringan, concrete foam, komposit, polymeric foam.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa sawit (crude palm oil/CPO) terbesar di dunia, hal ini dibuktikan dengan data Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian (Kementan) yang menyebutkan luas areal lahan kelapa sawit di Indonesia pada 2011 mencapai 8.908.000 hektare, sementara di 2012 angka sementara mencapai 9.271.000 hektare, padahal target renstra Kementan hanya 8.557.000 hektare. Itu berarti, luas lahan sawit Indonesia saat ini telah meningkat dibanding 2011 dan melebihi target Renstra Kementan [1].

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan sisa produksi dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang jumlahnya sangat banyak, yaitu 1,9 juta ton berat kering atau setara dengan 4 juta ton berat basah pertahun. PT Perkebunan Nusantara II (PTPN II) menghasilkan limbah TKKS sebanyak 1350 ton pertahun [2]. Pada umumnya material ini dimanfaatkan sebagai pupuk organik dilahan perkebunan dengan cara dibakar atau dibuang kembali kelahan tersebut dan dibiarkan mengalami proses fermentasi secara alami [3].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Beton adalah batuan buatan yang terjadi sebagai hasil pengerasan suatu campuran tertentu dari semen, air dan agregat (batu pecah, kerikil, dan pasir). Beton adalah material utama yang digunakan dalam pembuatan bangunan. Beton terdiri dari pasta, agregat dan admixture.

2.2 Beton Ringan

Beton Ringan (Lightweight Concrete) adalah beton yang memiliki berat jenis (density) lebih ringan dari pada beton pada umumnya. Beton ringan bisa disebut sebagai beton ringan aerasi (Aerated Lightweight Concrete/ALC) atau sering disebut juga (Autoclaved Aerated Concrete/ AAC) yang mempunyai bahan baku utama terdiri dari pasir silika, kapur, semen, air, ditambah dengan suatu bahan pengembang yang kemudian dirawat dengan tekanan uap air. Beton ringan AAC ini pertama kali dikembangkan di Swedia pada tahun 1923 sebagai alternatif material bangunan untuk mengurangi

penggundulan hutan. Beton ringan AAC ini kemudian dikembangkan lagi oleh seorang ahli bangunan yang bernama Joseph Hebel di Jerman Barat pada tahun 1943.

2.3 Polyurethane

Polyurethane adalah campuran dua jenis bahan kimia (ISOCYNATE dan POLYOL) yang diaduk secara bersama-sama, sehingga terjadi reaksi dan membentuk FOAM. Polyurethane juga terdapat dalam berbagai bentuk, seperti busa lentur, busa keras, pelapis anti bahan kimia, bahan perekat, dan penyekat, serta elastomers. Busa keras polyurethane digunakan sebagai bahan penyekat pada gedung, pemanas air, alat transport berpendingin, serta pendingin untuk industri maupun rumah tangga. Busa ini juga digunakan untuk flotation dan pengaturan energi. [19]. Material ini memiliki sifat yang unik sehingga banyak diaplikasikan dalam industri furniture, matras, isolasi panas pada pipa, peredam suara dan komponen otomotif (Toshima, 1994). Berdasarkan sifatnya foam polyurethane diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu flexible foam, semi-rigid foam dan rigid foam. Sedangkan berdasarkan struktur selnya dibedakan menjadi open cell (sel terbuka), closed cell (sel tertutup) dan mixed cell (sel campuran) (Toshima, 1994). Metode yang paling umum digunakan dalam pembuatan foam fleksibel polyurethane adalah mencampur polyol, surfaktan, katalis, air dan kemudian diikuti dengan pencampuran diisocyanate.

2.4 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah utama pabrik kelapa sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar akan dihasilkan minyak sawit kasar sebanyak 0,21 ton (21%), minyak inti sawit sebanyak 0,05 ton (0,5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan kosong, serat dan cangkang biji yang masing – masing sebanyak 0,23 ton (23%), 0,135 ton (13,5%) dan 0,055 ton (5,5%). Padahal tandan kosong kelapa sawit berpotensi untuk dikembangkan menjadi barang yang lebih berguna, salah satunya menjadi bahan baku bioetanol. komposisi TKKS dapat di lihat pada tabel 2.1 sebagai berikut[4].

Tabel 2.1 Bahan penyusun tandan kosong kelapa sawit

No	Bahan-Bahan Kandungan	Komposisi (%)
1.	Uap air	5.40
2.	Protein	3.00
3	Serat	35.00
4.	Minyak	3.00
5.	Kelarutan air	16.20
6.	Kelarutan unsur alkali 1 %	29.30
7.	Debu	5.00
8.	K	1,71
9.	Ca	0,14
10.	Mg	0,12
11.	P	0,06
12.	Mn, Zn, Cu, Fe	1,07
TOTAL		100,00

2.5 Densitas

Densitas merupakan ukuran kepadatan dari suatu material atau sering didefinisikan sebagai perbandingan antara massa (m) dengan volume (v). Untuk pengukuran densitas dan penyerapan air beton digunakan metode Archimedeas. Untuk pengukuran densitas beton digunakan metode Archimedes. Rumus untuk menghitung besarnya densitas adalah sebagai berikut: $\rho = m/V$ atau $m = \rho \times V$ atau $V = m/\rho$

Keterangan :

ρ = Massa jenis zat (kg/m^3 atau g/cm^3)

m = Massa benda (kg atau g)

V = Volume benda (m^3 atau cm^3)

2.6 Uji Tekan Statik Brazilian

Prinsip specimen test sama dengan uji tekan pada umumnya, yang membedakan adalah posisi specimen diletakkan horizontal. Umumnya specimen test ini digunakan untuk pengujian beton, namun dalam penelitian ini digunakan untuk menguji specimen bentuk silinder dari komposit polymeric foam serat TKKS. Prinsip kerja specimen test diperlihatkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Uji tekan statik brazilian

Dalam pengujian ini tegangan (σ) pada saat gagal atau patah diberikan persamaan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

A adalah luas penampang besarnya πDL , sehingga dengan mensubstitusikan A ke persamaan (2.4) didapat :

$$\sigma = \frac{f}{\pi LD}$$

Dimana:

σ = Tegangan (N/mm^2)

F = Gaya maksimum (N)

L = Panjang spesimen (mm)

D = Diameter (mm)

2.7 Respon Material Akibat Beban Statik Brazilian

Pada uji tekan statik brazilian diperoleh respon yaitu terjadinya deformasi atau penjararan yang cepat terjadi pada bagian atas dan bawah spesimen hingga spesimen mengalami keretakan dengan retak rapuh. Untuk mengoptimalkan produk tersebut perlu diketahui karakteristik material penyusunnya akibat beban tekan static brazilian. Karakteristik suatu spesimen harus terukur, untuk itu perlu suatu pengujian tekan statik terhadap material tertentu agar karakteristik dapat diketahui.

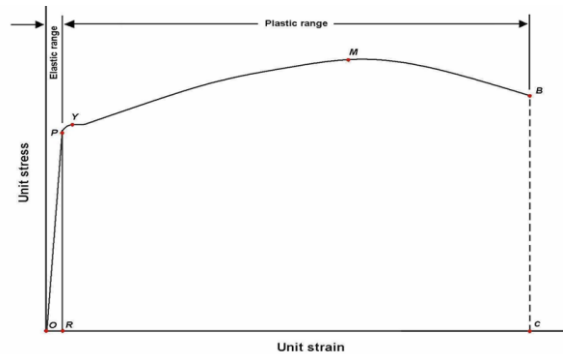
Robert Hooke (1689), telah mengamati sebuah fenomena hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah elastis suatu bahan tertentu dan menyimpulkan bahwa dalam batas-batas tertentu tegangan pada suatu material ialah proporsional terhadap regangan yang dihasilkan. Teori ini kemudian lebih dikenal dengan istilah hukum Hooke.

Namun teori ini hanya berlaku pada batas elastis material, dimana besarnya tegangan akan berbanding lurus terhadap pertambahan regangan yang terjadi. Dan bila beban dihilangkan, maka sifat ini akan menyebabkan material kembali kedalam bentuk dan dimensi semula. Berdasarkan respon yang dialami oleh material maka karakteristik material tersebut dapat diketahui, seperti modulus elastisitas. Modulus elastisitas secara matematis (hukum Hooke) dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Hubungan linear antara tegangan dan regangan adalah salah satu sangat berguna dalam perhitungan terhadap respon solid elastic linear pada tegangan, tetapi tegangan mesti digunakan apabila solid yang terjadi adalah elastis terhadap regangan yang terjadi yaitu $\pm 0,001$ dan ini terjadi pada deformasi plastis.

Sebuah batang komposit atau selinder yang dikenai beban tekan akan mengalami perubahan panjang yang disertai pengurangan luas penampang pada daerah elastis material. Adapun kurva tegangan – regangan akibat beban tekan dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kurva tegangan – regangan

Pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal (A_0). Tegangan normal tersebut akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut.

Regangan akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dimana :

$L - L_0 = \Delta L$

ϵ = Regangan akibat beban tekan statik

L = Perubahan panjang spesimen akibat beban tekan (mm)

L_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm)

Pada prakteknya nilai hasil pengukuran tegangan pada suatu pengujian tarik dan tekan pada umumnya merupakan nilai teknik. Regangan akibat beban tekan yang terjadi, panjang akan menjadi berkurang dan diameter pada spesimen akan menjadi besar, maka ini akan terjadi deformasi plastis.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pembuatan Spesimen

3.1.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan mulai dari proses pembuatan serat sampai pada proses pembuatan spesimen uji adalah sebagai berikut.

3.1.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan selama proses pembuatan spesimen adalah sebagai berikut:

1. Gunting
Gunting digunakan untuk memperkecil ukuran serat TKKS.
2. Ayakan
Ayakan digunakan untuk menyaring pasir dan serat TKKS. Pasir dan serat TKKS yang digunakan adalah yang telah melewati tahap pengayakan.
3. Ember plastik
Ember plastik berfungsi sebagai wadah perendaman TKKS pada saat mengilangkan asam lemak dengan menggunakan air dan NaOH.
4. Cetakan

Cetakan terbuat dari besi carbon. Cetakan yang dibuat berbentuk silinder dengan ukuran diameter 53 mm dan tinggi 150 mm.

5. Timbangan

Timbangan berfungsi untuk mengukur berat bahan penyusun yang akan digunakan sebagai campuran pembuat beton ringan dan perubahan berat dari spesimen uji beton ringan selama 28 hari.

6. Sendok Plastik

Sendok plastik berfungsi sebagai pengaduk bahan campuran dari beton ringan. Sendok plastik dipilih untuk sekali pemakaian saja untuk mempercepat proses pengerjaan tanpa perlu harus dibersihkan.

7. Sekop

Sekop berfungsi untuk mengeruk pasir.

8. Gelas ukur

Gelas ukur berfungsi untuk menghitung volume dari spesimen uji beton ringan.

9. Gelas Plastik

Gelas plastik berfungsi untuk wadah bahan – bahan campuran yang akan ditimbang dan wadah pencampuran seluruh bahan – bahan campuran dari pembuatan beton ringan.

10. Oli

Oli berfungsi sebagai bahan pelapis antara cetakan dengan campuran dari bahan – bahan pembuatan beton ringan dimana juga untuk mempermudah mengeluarkan spesimen uji beton ringan dari cetakan.

11. Mesin Penghalus Serat

Mesin penghalus serat digunakan untuk menghaluskan serat TKKS menjadi berukuran 0,1 – 0,8 mm.

12. Alat Pengereng

Alat Pengereng berfungsi untuk pengereng dari serat TKKS yang sudah direndam dan spesimen uji beton ringan.

13. Sarung Tangan Karet

Sarung tangan plastik berfungsi sebagai pelindung tangan.

3.1.1.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen beton ringan (concrete foam) adalah sebagai berikut:

1. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Serat tandan kosong kelapa sawit berfungsi sebagai penguat matriks komposit *concrete foam* diperoleh dari hasil pengolahan tandan kosong kelapa sawit yang diolah menjadi serat berdasarkan proses – proses tertentu.

2. Semen

Semen adalah material bangunan yang tidak tergantikan penggunaannya dalam dunia konstruksi. Semen yang umumnya digunakan adalah semen portland. Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup.

3. Air

Air adalah bahan yang sangat penting dan sangat murah dari seluruh bahan campuran pembuatan beton. Air berfungsi sebagai matriks pengikat antara semen dan agregat.

4. Pasir

Pasir merupakan jenis agregat alam. Agregat utamanya digunakan untuk mengisi bagian terbesar dari beton yang mana mengisi 75 % bagian dari beton.

5. NaOH

NaOH berfungsi untuk menghilangkan asam lemak yang terikat pada TKKS sebelum diproses menjadi serat.

6. Polyurethane

Polyurethane berfungsi sebagai bahan penghasil foam atau sering disebut juga sebagai *blowing agent*. Polyurethane adalah campuran dari dua larutan *polyol* dan *isocyanate*.

3.3 Proses Pembuatan Serat TKKS

Proses pembuatan serat TKKS dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pembersihan TKKS dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran besar yang menempel, seperti pasir, tanah, dll,
2. TKKS direndam dalam air dan larutan NaOH 1M 1% dengan perbandingan selama lebih kurang 1 hari untuk mengikat lemak yang masih tersisa pada permukaannya.
3. TKKS dikeringkan dengan menggunakan sebuah alat pengering. Tujuan proses ini ialah untuk menurunkan kadar air yang terkandung sehingga kondisi TKKS cukup kering untuk diolah menjadi serat.
4. TKKS dicacah menggunakan gunting serat sehingga menjadi serat yang berukuran 1 cm – 5 cm.
5. Selanjutnya serat hasil pencacahan TKKS tersebut dihaluskan dengan menggunakan mesin penggiling hingga menjadi serat halus dengan ukuran berkisar 0,1 mm s.d. 0,8 mm.

3.4 Metode Pembuatan *Concrete Foam*

Pada penelitian metode yang dipakai untuk pembuatan spesimen adalah dengan dituang. Spesimen yang akan dibuat dalam bentuk silinder seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Spesimen silinder

Spesifikasi dari spesimen yang akan dibuat oleh peneliti adalah memiliki tinggi 75 mm dan diameternya 53 mm. Adapun proses pembuatan spesimen dijelaskan sebagai berikut:

1. Semua alat dan bahan dipersiapkan
2. Semua bahan ditimbang menurut takarannya masing – masing. Perbandingan komposisi yang digunakan untuk bahan mortarnya sendiri adalah 1 : 2 : 0,5. Banyaknya material yang digunakan dari tiap komposisi dapat dilihat pada tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 Komposisi material beton ringan yang diperkuat serat TKKS

Komp osisi	Sem en (gr)	Pa sir (gr)	A ir (g r)	Pol yol (gr)	Isocya nate (gr)	Ser at TK KS (gr)
1.	129	25 8	8 0	23	30	5
2.	129	25 8	8 0	40	30	10
3.	129	25 8	1 2 0	40	30	28

3. Permukaan dalam cetakan diolesi dengan oli. Hal ini bertujuan agar mempermudah pada saat pembongkaran.
4. Pasir dan semen terlebih dahulu dicampur hingga merata.
5. Pasir dan semen kemudian dicampurkan dengan air hingga seluruh bagian tercampur dengan air.
6. Setelah pasta tercampur (Pasir, semen, dan air) merata, maka dicampurkan dengan serat TKKS.
7. Kemudian *polyol* dicampurkan.

8. Kemudian *Isocyanate* dicampurkan. Campuran tersebut diaduk selama ± 10 detik hingga terjadi perubahan suhu.
9. Pasta dapat dituangkan pada cetakan.
10. Cetakan yang sudah berisi campuran dari bahan – bahan tersebut dibiarkan selama 24 jam. Kemudian cetakan dibongkar.
11. Spesimen uji yang telah jadi dikeringkan selama 28 hari dan ditimbang perubahan massa yang terjadi setiap harinya.

3.5 Prosedur Pengujian Tarik Belah

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji uji servo pulser yang terdapat di Laboratorium Impak dan Keretakan Magister Teknik Mesin-USU. Berikut ini akan dijelaskan prosedur pengujian tarik belah dengan menggunakan alat uji servo pulser.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembuatan Material Komposit *Concrete foam*

Pembuatan material komposit *concrete foam* dilakukan dengan metode penuangan secara langsung dengan cetakan I yang berukuran diameter 26 mm dan panjang 10 mm. Pada cetakan I material yang dihasilkan tidak maksimal akibat dari pengaruh proses penggelembungan *polymeric foam* yang tidak efektif sehingga campuran matriks dan serat melimpah dan keluar dari cetakan, yang mengakibatkan munculnya kekosongan yang sangat besar di dalam material. Seperti terlihat pada Gambar 4.1 di bawah ini. Cetakan I menggunakan 2 jenis yaitu cetakan I dengan menggunakan penutup dan tanpa penutup.



Gambar 4.1 benda uji dengan cetakan I

Pada cetakan II dibuat dengan ukuran diameter 53 mm dan panjang 150 mm dengan asumsi pada saat mencetak volume isi cetakan yang ideal adalah $\frac{3}{4}$ dari ketinggian cetakan, hal ini untuk memudahkan terjadinya pengembangan atau penggelembungan gas-gas. Setelah terjadi penggelembungan gas, material uji akan mengeras. Proses pengerasan yang terjadi dengan menggunakan alat pengering yang dibuat dari 10 buah lampu pijar 80 W. Pada dinding cetakan dilapisi dengan wax yang bertujuan untuk mempermudah saat melepaskan benda dari cetakan.

4.2 Komposisi Material

Nilai perbandingan komposisi material komposit concrete matrix composite yang digunakan pada penelitian ini adalah bertujuan untuk mendapatkan hasil dari berat jenis (ρ) seperti yang tertera pada tabel 4.1. Dari tabel di bawah ini dapat dilihat dengan jelas bahwa jumlah penggunaan serat TKKS berbanding lurus dengan jumlah penggunaan blowing agent dan berbanding terbalik dengan berat jenis. Dengan bahasa yang lebih sederhana lagi dapat dijelaskan bahwa semakin banyak serat TKKS yang digunakan maka berat jenisnya akan semakin rendah atau semakin banyak blowing agent yang digunakan maka semakin rendah pula berat jenis material tersebut, dapat dilihat komposisi material pada tabel 4.1 dan berat jenis tiap komposisi pada Tabel 4.2

Tabel 4.1 Komposisi Material

Komposisi	Semen (%)	Pasir (%)	Air (%)	Blowing Agent (%)	Serat TKKS(%)
K1	24,6	49,1	15,2	10,10	1

K2	23,6	47,2	14,6	12,8	1,8
K3	21,3	42,6	19,8	11,57	4,7

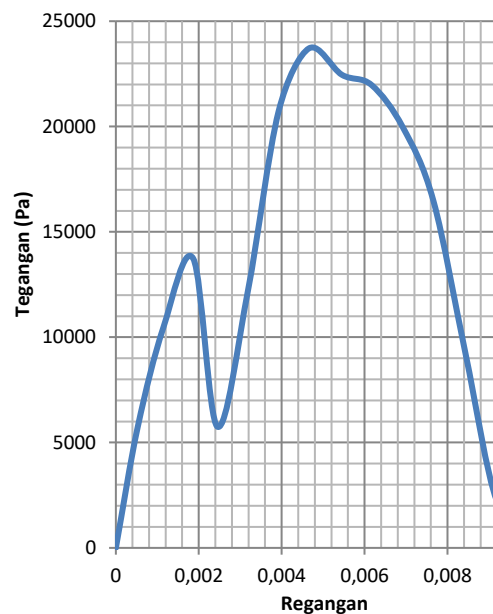
Tabel 4.2 Massa jenis (ρ) tiap komposisi

Komposisi	Massa (kg)	Volume (m ³)	Massa Jenis (kg/m ³)
K1	57×10^{-3}	4×10^{-5}	1425
K2	66×10^{-3}	5×10^{-5}	1320
K3	48×10^{-3}	45×10^{-6}	1067

4.3 Pengujian Tarik Statik

Pengujian material komposit concrete matrix composite dengan menggunakan alat uji Servo Pulser. Spesimen benda uji mengikuti standar atau ukuran skala laboratorium. Hal ini disebabkan karena kondisi kemampuan alat uji untuk mengukur kekerasan dengan dimensi sebenarnya guna melindungi alat dari kerusakan. Hasil untuk pengujian tarik diperoleh dengan perhitungan gaya tarik dari hasil perbandingan antara beban yang diberikan (N) dengan pertambahan panjang (m) dan luas penampang $A = 0,049 \text{ mm}^2$. Untuk hasil pengujian tarik belah masing-masing komposisi.

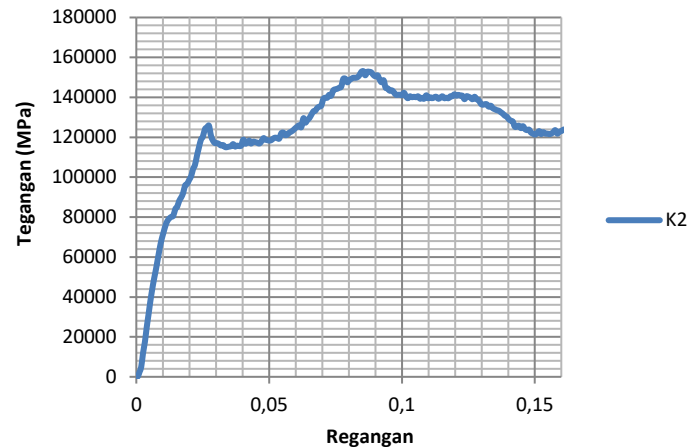
Hasil pengujian tarik belah pada material komposit concrete matrix composite dengan komposisi satu dapat dilihat dengan jelas pada gambar 4.2 di bawah. Grafik gambar 4.2 di bawah menunjukkan bahwa material komposit concrete foam dengan menggunakan komposisi 1 (satu) mampu menerima beban hingga tegangan maksimum sebesar 23.711,89 Pa. Nilai regangan yang ditunjukkan dari gambar 4.2 sebesar 0,00466 dengan besar modulus elastisitasnya adalah $1,31 \times 10^6$ Pa. Grafik tegangan dan Regangan komposisi 1 dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik Tegangan terhadap Regangan K1

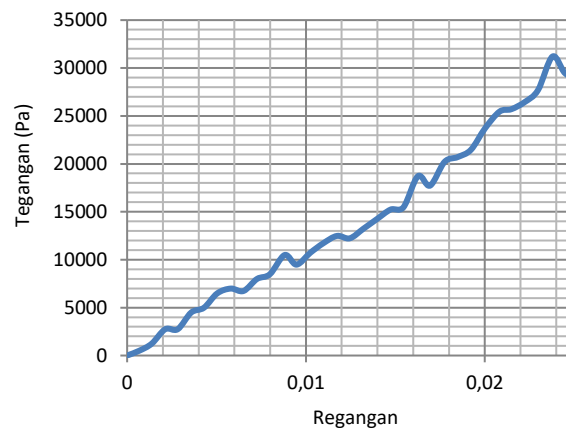
Nilai regangan dari benda uji dengan komposisi 1 adalah 0,00466 dan modulus elastisitasnya sebesar $5,08 \times 10^6$ Pa seperti terlihat pada gambar 4.4.

Untuk pengujian tarik belah pada material komposit yang menggunakan komposisi 2 adalah seperti pada gambar 4.3. Pada gambar 4.3 di bawah terlihat jelas bahwa material komposit concrete matrix composite dengan komposisi dua mampu menahan tegangan maksimumnya adalah 125.814,4 Pa. Nilai modulus elastisitasnya adalah sebesar $4,6 \times 10^6$ Pa dan regangan sebesar 0,027. Grafik tegangan terhadap regangan Komposisi 2 dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik tegangan terhadap regangan K2

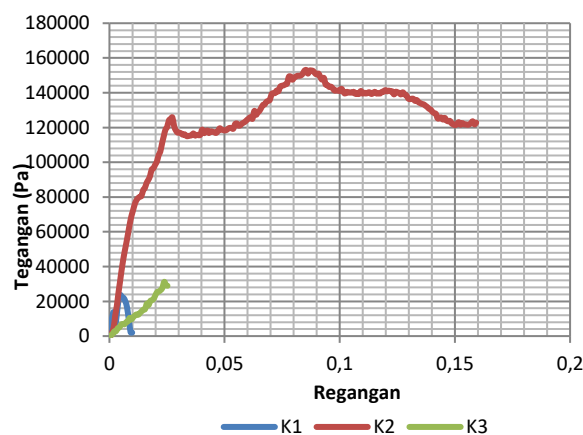
Untuk hasil dari pengujian tarik belah dengan komposisi 3 pada material komposit concrete foam dapat dilihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik tegangan terhadap regangan K3

Dari gambar 4.5 di atas dapat dilihat bahwa nilai tegangan komposisi 3 maksimumnya adalah 31.202,34 Pa. Nilai dari modulus elastisitasnya adalah $1,31 \times 10^6$ Pa dan regangannya adalah 0,023.

Dari data grafik hasil dengan tujuh komposisi yang disebutkan di atas maka dapat kita lihat perbandingan dari tiap komposisinya. Grafik untuk ketiga komposisi dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Grafik Tegangan terhadap regangan tiap komposisi

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa benda uji dengan komposisi dua memiliki nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas yang lebih tinggi. Data nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas untuk tiap komposisinya dapat dilihat pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Tabel hasil pengujian tarik belah

N o.	Komp osisi	Regan gan	Tegan gan (Pa)	Modul us Elastis itas (Pa)	Mas sa Jeni s (kg/ m ³)
1	K3	0,023	31.20 2,34	1,31 $\times 10^6$	106 7
2	K2	0.0855 47	15302 8.1	1,78 $\times 10^6$	132 0
3	K1	0,0046 6	23.71 1,89	5,08 $\times 10^6$	142 5

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian yang telah ditemukan bahwa terdapat banyak sifat sifat concrete matrix composite. Adapun sifat sifat tersebut di atas adalah sebagai berikut.

- Tidak terjadi pengerasan pada bagian inti sehingga concrete foam ini masih sangat rapuh jika pengadukan tidak homogen.
- Komposisi blowing agent sangat mempengaruhi kekuatan concrete foam. Jika komposisi ini terlalu banyak maka akan menghilangkan fungsi semen sebagai matrik pengikatnya, sebaliknya jika komposisi terlalu sedikit maka tidak akan terbentuk busa di dalam concrete tersebut.
- Dalam pencampuran dan pengadukan antara semen, pasir, air, blowing agent, dan serat TKKS. Blowing agent cenderung bereaksi terlalu cepat ketika dimasukkan ke dalam campuran concrete dan serat TKKS. Jika terlalu lama pengadukan akan menyebabkan kerasnya campuran dalam wadah campuran dan jika terlalu cepat tidak akan terjadi reaksi untuk membentuk gelembung udara di dalam concrete tersebut.
- Sebaran gelembung udara dari hasil reaksi blowing agent masih belum merata dalam concrete foam. Hal ini dapat terlihat dimana gelembung-gelembung udara terkonsentrasi di daerah inti. Dari beberapa masalah di atas, penulis ingin melanjutkan penelitian untuk membuat concrete foam yang sama atau mendekati sifat-sifat concrete yang ada di pasaran terutama dengan beberapa keunggulan yaitu kuat, lebih ringan dan pemanfaatan limbah dalam proses pembuatannya.

Berdasarkan hasil analisa dan penelitian yang telah dilakukan dan dicatat maka dapat disimpulkan sebagai berikut

- Untuk mendapatkan komposisi blowing agent terbaik sehingga menghasilkan Concrete Composite foam yang ringan dan kuat. Setelah di coba dengan beberapa kali percobaan maka hasil terkuat dan paling ringan itu terdapat pada komposisi no 2, dengan komposisi Semen 129 gr, Pasir 258 gr Air 80 gr dan BA 40 gr dimana di dapat hasil dari percobaan didapat modulus elastisitasnya $1,78 \times 10^6$ Pa, Tegangan nya 153028,1 Pa dan Regangan nya 0.085547 dengan berat spesimen 1320Kg/m³.

2. Nilai tegangan dan regangan, berikut adalah Hasil dari pengujian diperoleh besar nilai tegangan dan regangan dari setiap komposisi adalah sebagai berikut. Komposisi K3 didapat Regangan nya 0,023 dan tegangan nya 31.202,34 Pa, di dapat Komposisi K2 Regangan nya 0,085547 dan Tegangan nya 153028.1 Pa Dan pada komposisi K1 didapat hasil Regangan nya 0,00466 dan Tegangan 23.711,89 Pa

5.2 Saran

1. Berdasarkan hasil proses pembuatan material komposit concrete foam, pengadukan sebaiknya dilakukan dengan menggunakan mixer, hal ini akan menambah hasil pengadukan lebih homogen. Dengan demikian hasil akan lebih baik dari proses pengadukan secara manual.
2. Dalam pengujian yang akan datang, untuk upaya mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik, agar dapat dicoba menggunakan bahan/material yang lebih banyak komposisinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goggle, (online), *Luas Lahan Kelapa Sawit Indonesia 9,27 Juta Hektar*”, <http://duniaindustri.com/berita-agroindustri-indonesia/1214-luas-lahan-sawit-indonesia-927-juta-hektare.html> , jam 9:35 wib.
- [2]. Muftil Badri M, *Respon Polymeric Foam Yang Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik dan Impak (Simulasi Numerik)*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, 2011.
- [3]. Subianto, Bambang, dkk., *Utilization of Fruit Bunch Waste from Oil and Palm Industry for Particleboard Using Phenol Formaldehyde Adhesive*, Warta PPKS: 1-4
- [4] Google,(online)[http:// repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/31072/3chapter%20II pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/31072/3chapter%20II.pdf).