



DESAIN DAN FABRIKASI PATOK RINTANGAN LAPANGAN GOLF BAHAN POLYMERIC FOAM YANG DIPERKUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Zulfahmi¹

¹Jurusan Teknik Mesin Universitas Malikussaleh
Jl. Cot Teungku Nie Reuleut, Kecamatan Muara Batu – Aceh Utara
Telepon : (0645) 41373 – 40915 Faxes. (0645) 44450
Email: Zulfahmi@unimal.ac.id

Abstract

A golf course with obstacles in the forms of water obstacle and lateral water obstacle marked with the stakes which are called golf course obstacle stake in this study. This study focused on the design and fabrication of the golf course obstacle stake with a solid cylindrical geometry using EFB fiber-reinforced polymeric foam composite materials. To obtain the EFB fiber which is free from fat content and other elements, EFB is soaked in the water with 1% (of the water total volume) NaOH. The model of the mould designed is permanent mould that can be used for the further refabrication process. The mould was designed based on resin-compound paste materials with talc powder plus E-glass fiber to make the mould strong. The composition of polymeric foam materials comprised unsaturated resin Bqtn-Ex 157 (70%), blowing agent (10%), fiber (10%), and catalyst (10%). The process of casting the polymeric foam composite materials into the mould cavity should be at vertical casting position, accurate interval time of material stirring, and periodical casting. To find out the strength value of the golf course obstacle stake product, a model was made and simulated by using the software of Ansys workbench 14.0, an impact loading was given at the height of 400 mm and 460 mm with the variation of golf ball speed (USGA standard) $v = 18$ m/s, $v = 35$ m/s, $v = 66.2$ m/s, $v = 70$ m/s, and $v = 78.2$ m/s. The clarification showed that the biggest dynamic explicit loading impact of $F_{max} = 142.5$ N at the height of 460 mm with the maximum golf ball speed of 78.2 m/s did not experience the hysteresis effect and inertia effect. The largest deformation area occurred at the golf ball speed $v = 66.2$ mm/s, that is 18.029 mm (time: 2.5514e-004) was only concentrated around the sectional area of contact point of impact, meaning that the golf course obstacle stakes made of EFB fiber-reinforced polymeric foam materials have the geometric functional strength that are able to absorb the energy of golf ball impact.

Keywords: Composite, Polymeric Foam, EFB Fiber, Tension Distribution, Ansys Workbench 14.0

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Pada umumnya patok rintangan golf yang digunakan (Gambar 1.1) berbahan kayu, bambu, pipa besi, atau bahan pseudoplastis. Secara teknis pemilihan bahan konvensional tersebut belum memenuhi standar dan pada aspek desain tidak memberikan visibilitas yang lebih baik, serta mudah rusak akibat situasi tropikal. (Survey: Arun Golf Club, Lhokseumawe).



Gambar 1.1 Patok rintangan bahan bambu

Untuk memperbaiki kekurangan ini, Teknik Mesin Unimal bekerjasama dengan PTPN-I mendesain patok rintangan lapangan golf model baru dari formulasi bahan *polymeric foam* yang diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Ketersediaan limbah kelapa sawit yang melimpah berpotensi dimanfaatkan menjadi material komposit pada proses manufaktur. TKSS yang diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit milik PT Perkebunan Nusantara I Aceh diproses secara alkalisasi menggunakan NaOH 1% untuk menghilangkan unsur – unsur lemak dan lainnya yang menempel pada benang serat TKKS. Desain Model disesuaikan dengan fungsi pada penempatannya di lapangan golf, sehingga diperoleh tampilan produk yang elegan, ekonomis, memiliki nilai estetika dan daya tarik secara visual.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah

desain dan fabrikasi patok rintangan lapangan golf model baru menggunakan bahan yang lebih kuat terhadap terjadinya kemungkinan impak dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi, tahan terhadap situasi tropical, dan ringan sehingga mudah dipindahkan.

Untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi akibat pengimpakan bola golf maka patok rintangan lapangan golf bahan *polymeric foam* diperkuat serat TKSS dibuat pemodelan menggunakan *software ANSYS workbench 14.0*, selanjutnya disimulasikan untuk memperoleh nilai ketangguhan sifat mekanik bahan.

Penelitian ini secara ilmiah berkembangnya teknologi baru fabrikasi patok rintangan lapangan golf menggunakan bahan *polymeric foam* yang memanfaatkan limbah TKSS sebagai serat penguat (*sustainable*) serta memungkinkan untuk melahirkan produk paten baru.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Konseptual Desain dan Fabrikasi

Perlakuan TKKS biasanya dimulai dengan memisahkan serat yang merupakan *vascular bundles* dari jaringan *parenkhima* atau yang lebih dikenal dengan proses fraksionasi dan ekstraksi serat[1].

Sifat mekanik serat TKKS $\phi = 0,4$ mm memiliki $E = 16$ GPa dengan tegangan tarik maks. 253MPa[2].

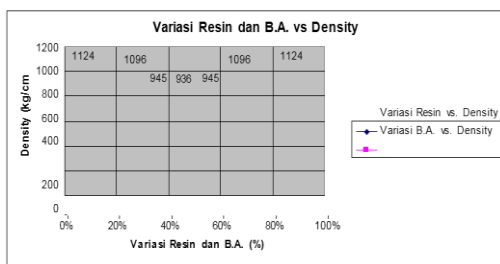
Kekuatan tarik poliester 55 - 175 MPa. Impak izod 10-30 J/25 elongation 3%, sedangkan kekuatan tarik poliuretan adalah 1MPa - 70 MPa, impak izod 30 J/25 belum patah dan elongation 100-1000%. Perbedaan karakteristik formulasi bahan dalam reaksi polimerisasi tentunya menghasilkan keunggulan tersendiri [3].

Hasil eksperimental impak kecepatan tinggi bahan *polymeric foam* diperkuat serat TKKS mengalami patah pada tegangan 13,41 MPa[4].

Spesifikasi variasi bahan $\rho = 1022$ (kg/m³) yang diperlihatkan pada Tabel 2.1 mempunyai sifat – sifat mekanik terbaik di antaranya:

1. Kekuatan tarik statik = 7,427 MPa.
2. Modulus elastisitas= 288,8759 MPa
3. Elongasi = 2,571%.
4. Syt (MPa) = 7,427.
5. Regangan = 0,02571mm/mm.

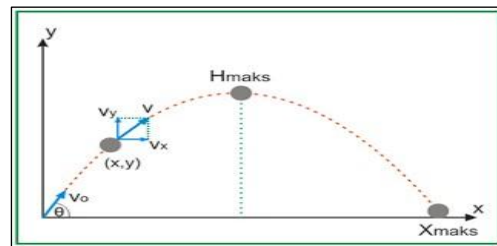
Tabel 2.1. Variasi Blowing agent vs Densiti



2.2 Prinsip gerak parabola

Biasanya, kecepatan ayunan *stick golf* 100 mph memakai *driver 11° lofted*, berat kepala *stick golf* 200 gram, *COR* 0,825, dan pukulan sempurna pada *center hit*, maka kecepatan bola mencapai 148 mph [5].

Dalam menganalisis gerak parabola (Gambar 2.1), kita dapat memandangnya sebagai dua gerak yang terpisah, yaitu gerak lurus beraturan (GLB) pada sumbu-x dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB) pada sumbu-Y. Tiap gerak ini tidak saling mempengaruhi sehingga bola yang dijatuhkan bebas dan bola yang dilempar horinzontal pada saat bersamaan akan jatuh pada waktu bersamaan pula.



Gambar 2.2 Sifat simetri gerak parabola

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta \quad (1)$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta \quad (2)$$

Titik tertinggi (titik H) dicapai jika dipenuhi syarat:

$$x_H = \frac{v_0^2}{2g} (2 \sin \alpha_0 \cos \alpha_0); \quad x_H = \frac{v_0^2}{2g} (2 \sin \alpha_0) \quad (3)$$

$$y_1 = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha_0 \quad (4)$$

Besarnya gaya yang terjadi saat bertumbukan antara bola golf dengan patok rintangan lapangan golf adalah:

$$F = m \cdot a \quad (5)$$

Dimana F gaya yang bekerja (N) pada pembebanan impak massa bola golf m (kg) dengan percepatan a (m/s²). Momen inersia yang terjadi pada patok rintangan lapangan golf sebesar:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} - \frac{F \cdot l \cdot d}{64d^4} - \frac{32F \cdot l}{\pi d^3} \quad (6)$$

Dimana, σ merupakan tegangan, M = momen $c = \frac{1}{2} d$, I = momen inersia.

2.3 Perencanaan Konstruksi Patok Rintangan Lapangan Golf

Desain model menjadi faktor daya tarik bagi aplikasi penggunaan produk patok rintangan lapangan golf. Fase ini merupakan yang paling kreatif. Secara garis besar produk dirancang untuk memenuhi fungsinya (Degarmo, 1998). Desain modelnyayang diperlihatkan pada Gambar 2.2 mengikuti dimensi ukuran standar *the PGA of America* meliputi:

1. Dimensi lebar produk akan memiliki diameter silinder minimal 1 inchi
2. Tinggi atau ketinggian di atas tanah harus 18 "

24", 36", dan 48"

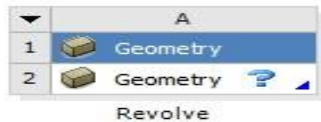
3. Jangkar dasar tidak melebihi 9 inchi panjang



Gambar 2.2 Desain model mengikuti standar *the PGA of America*

2.4 Membuat Objek Simulasi Ansys 3D Patok Rintangan Lapangan Golf

1. Buka ANSYS *Workbench* 14.0 seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.3, pilih *Geometry* pada tab *Component System*.



Gambar 2.3 *Start ANSYS*

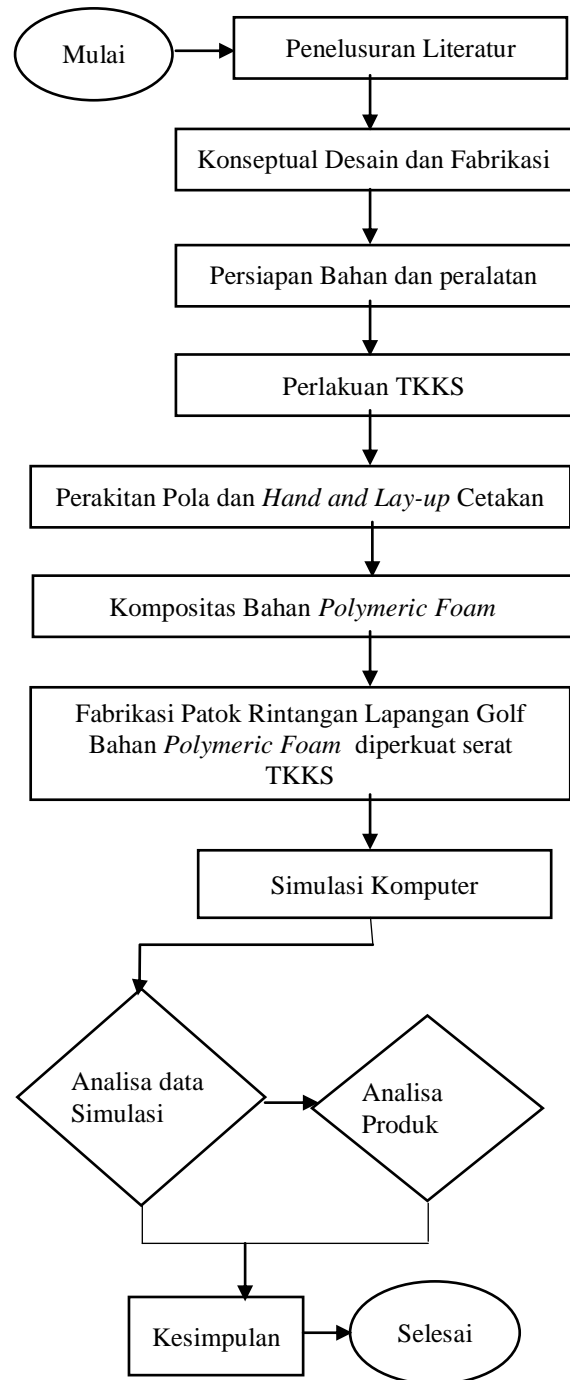
2. Tukar ke mode *sketching* dan pilih *line*.
3. Beralih ke *modelling*. Klik *revolve* → Pilih *sketch 1* → Pilih *axis vertical* → *Generate*.
4. Klik pada *Engineering Data*.

Properties of Outline Row 5: TKKS				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Density	1022	kg m ⁻³	
3	Isotropic Elasticity			
4	Derive from	Young's...		
5	Young's Modulus	2.888E+08	Pa	
6	Poisson's Ratio	0.3		
7	Bulk Modulus	2.4067E+08	Pa	
8	Shear Modulus	1.1108E+08	Pa	

Gambar 2.4 *Engineering Data*

5. *Meshing* → *Generate Mesh*.
6. Klik kanan pada *solution* → *Deformation* → *Total Deformation*.
7. *Solve*.

3. Metode Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

4. Hasil Penelitian

Penambahan 1% NaOH saat perendaman dapat menurunkan kandungan lemak dan asam, menghilangkan bau sehingga menghasilkan benang serat yang lembut. Ukuran serat dalam kondisi kering setelah dihaluskan dengan mesin *crusher* dengan mesh diameter 0,8 mm diperoleh panjang serat 2 mm - 5 mm.

Prosedur fabrikasi patok rintangan lapangan golf bahan *polymeric foam* pada Gambar 4.1 meliputi:

1. Wadah I: senyawa resin dan serat TKKS diaduk merata selama waktu 00:00:24.
2. Tuang katalis kedalam wadah I dan diaduk selama waktu 00:01:07.
3. Pengadukan polioli dan isosianat dalam wadah II selama waktu 00:00:15.
4. Persenyawaan bahan wadah II dituangkan kedalam wadah I, selama waktu 00:02:30.
5. Penuangan kedalam cetakan 00:03:20.



Gambar 4.1 Rangkaian proses fabrikasi

Waktu pengadukan *blowing agent* yang efektif: 10 - 15 detik, diatas ambang waktu tersebut *blowing agent* akan berbentuk butiran *foam* yang mulai mengeras, fenomena ini dapat menyebabkan kegagalan material dapat dilihat pada Gambar 4.2, fenomena lain bahan melengket pada permukaan cetakan.



Gambar 4.2 Kegagalan sifat mekanik bahan polymeric foam

Berdasarkan hasil pengamatan pada proses fabrikasi, bentuk produk yang proporsional sesuai dengan konseptual desain diperoleh, apabila:

1. Ketelitian penakaran bahan akurat.
2. Interval waktu kompositas yang tepat.
3. Memahami bahwa integrasi proses kompositas dengan interval waktu penuangan berlangsung cepat.

Model tipe alas dudukan rintangan lapangan golf:

Tipe I=2407 gr, Tipe II=1942gr, Tipe III=1549 gr. Proporsi Mortar 1:2:0,5 (SNI 03-6882-2002).



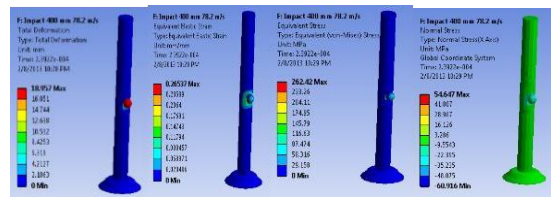
Gambar 4.3 Model tipe alas

Produk hasil fabrikasi yang ditempatkan pada alas dudukannya diperlihatkan pada Gambar 4.4.



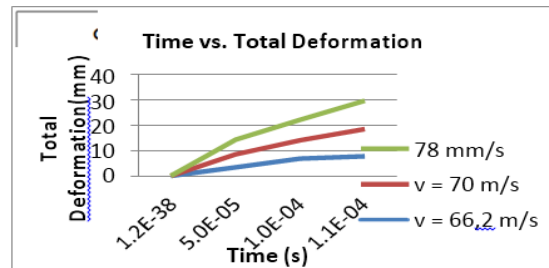
Gambar 4.4 produk di fabrikasi secara prosedural (1550gr)

Hasil simulasi *software* ANSYS *workbench* 14.0 pada ketinggian titik impact 460 mm, menunjukkan bahwa distribusi tegangan akibat gaya impact dengan nilai terendah terjadi pada $v = 18$ m/s yang diperlihatkan pada Gambar 4.5.



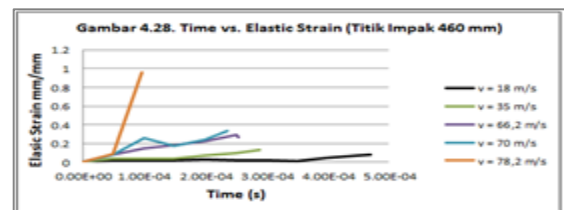
Gambar.4.5 Titik impact 460 mm, $v = 78,2$ m/s

Tabel 4.6 memperlihatkan respon tegangan menghasilkan total deformasi sebesar 8,7461 mm, regangan maksimum 0,08099 mm/mm, tegangan maksimum (von-Mises) sebesar 48,863 MPa, dan tegangan normal (X - Axis) sebesar 14,006 MPa (time: 4,6952e-004).



Gambar 4.6 Time vs. Deformasi

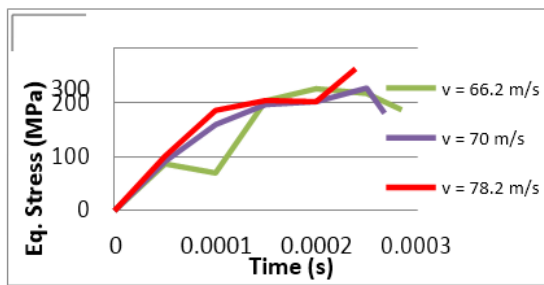
Gambar 4.7, $v = 78,2$ m/s dan pembebanan impact, $F = 46,450$ KN terjadi peningkatan regangan, $\epsilon_{maks} = 0,96072$ mm/mm pada waktu (time: 2,3922e-004). Regangan minimum terjadi pada, $v = 18$ m/s, $\epsilon_{min} = 0,8099$ mm/mm selama waktu (time: 4,2635e-004).



Gambar.4.7 Time vs Eq. Strain.

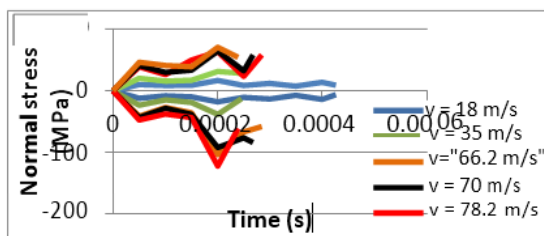
Gambar. 4.8, saat kecepatan konstan, $v = 78,2$ m/s terjadi tegangan paling besar dengan

σ_{maks} = 119,04 MPa, pada waktu (time: 2,3725e-004).



Gambar. 4.8 Time vs. Eq.Stress.

Tegangan normal (Gambar. 4.9) min. = - 57,947 MPa dan maksimum sebesar 58,609 MPa (time:2,8474e-004) terjadi pada kecepatan konstan, $v = 66,2$ m/s.



Gambar. 4.9 Time vs. Normal stress

kontur dan struktur bahan. Pada variasi kecepatan, $v = 70$ m/s dan $v = 78,2$ m/s patok rintangan lapangan golf telah mengalami kegagalan sifat mekanik.

Daftar Putaka

- [1] Euis Hermiati, dkk, Upaya Mengurangi Kotoran dan Zat Ekstraktif pada Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Pencucian, Jakarta: UPT Balai Litbang, LIPI.2007
- [2] Fergianto E.E, Homma H, Satryo, dkk, "Mechanic Properties of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber", *Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, hal 943 – 951, Vol. 3 No. 7, Jakarta. 2009,
- [3] Purwanto, W dan Sparringa, R.A, Pembuatan Papan Serat dengan Proses Basah dari Limbah Batang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit, Bogor: BPPT, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, 1998,
- [4] Syam Bustami, Zulfikar, Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Bahan TKKS Akibat Beban Statik dan Impak, Medan. 2010.
- [5] Bishoy Emmanuel, "Speed of a Golf Ball" An encyclopedia of scientific essays, The Physics Factbook. America. 2006.
- [6] Degarmo, E. Paul, Ekonomi Teknik, Jakarta: PT Prenhallindo, 2001.

5. Kesimpulan

1. Perlakuan TKKS dimulai dengan menumbuk TKKS segar sampai terburai. Selanjutnya, perendaman menggunakan NaOH sebesar 1% dari volume air selama 48 jam. Perlakuan ini dapat menurunkan kandungan lemak dan unsur lainnya, serat TKKS yang dihasilkan bersih.
2. Kekuatan Kompositas *polymeric foam* mulai membentuk gelembung busa dalam interval waktu 00:03:30 sampai dengan 00:06:10 setelah penuangan bahan. Reaksi bahan komposit ditandai perubahan temperatur maksimum 880°C – 960°C.
3. Waktu pengadukan blowing agent yang efektif adalah antara 10 - 15 detik, diatas ambang waktu tersebut akan berbentuk butiran foam dan mulai mengeras. Secara periodik interval waktu pengadukan 00:02:17 - 00:02:30 sampai pada waktu 00:03:20 menuju *moulding*.
4. Simulasi komputer pada titik impak 400 mm akibat pembebanan eksplisit dinamik $v = 70$ m/s mengalami deformasi mak. 19,602 mm (time: 2,3922e-004). Pada titik impak 460 mm sampai pada $v = 66,2$ m/s menghasilkan deformasi sebesar 18,029 mm, tegangan (von-Mises), σ_{maks} = 262,24 MPa, ϵ_{maks} = 0,2617 mm/mm, σ_{normal} = 41,219 MPa tidak mengalami efek histeresis dan efek inersia, artinya produk mampu menyerap energi impak pada pembebanan tersebut sehingga tidak merusak