

Pengembangan Material Neoprene untuk Rompi Pelampung yang Ergonomis

Adella Hotnyda Siregar*, Sugeng Prayitno

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta jalan RS. Fatmawayu no1 Pondok Labu Jakarta Selatan.

E-mail: a.hotnyda@gmail.com.

Abstrak

Kapal laut saat ini menjadi alat transportasi yang sangat penting. Bila terjadi kecelakaan di laut maka diperlukan rompi pelampung (life jacket). Rompi pelampung yang ergonomis dapat membuat rasa aman dan nyaman. Rompi pelampung dibuat dari bahan yang ringan dan mudah terapung. Pergantian bahan apung dari styrofoam ke neoprene adalah untuk membuat rompi pelampung yang ergonomis. Neoprene adalah material yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti gabus sintesis (styrofoam). Neoprene adalah bahan yang memiliki rapat massa yang lebih kecil dari styrofoam. Permasalahan yang timbul dari penggunaan bahan apung yang berbeda ini, mengakibatkan perbedaan daya apung antara material styrofoam dengan neoprene pada rompi pelampung serta efisiensinya. Pengujian dilakukan dengan memberikan pembebanan pada kedua jenis bahan tersebut. Tujuan penelitian adalah mengetahui apakah material neoprene dapat digunakan sebagai pelapis pada rompi pelampung yang ergonomis, dan meneliti apakah daya apung neoprene lebih baik dari styrofoam. Neoprene SBR digunakan dari Dengyu. Pengujian berat jenis dan daya apung menggunakan prinsip Archimedes. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa neoprene dapat digunakan sebagai pelapis bagian dalam rompi pelampung karena mempunyai berat jenis lebih besar dari air laut, material tidak kaku, mempunyai struktur sel tertutup, tahan api, dan mempunyai kemampuan menahan berat dengan efisiensi 9,56 %. Sehingga mempunyai keunggulan nyaman dan aman.

Kata kunci: daya apung, ergonomis, neoprene, rompi pelampung, styrofoam

1. Pendahuluan

Penggunaan rompi pelampung sebagai upaya penyelamatan kecelakaan di laut, danau atau sungai, merupakan hal yang sangat penting untuk pertolongan pertama, sebelum bantuan lain diperoleh. Sesuai dengan fungsinya, rompi pelampung harus bisa menahan beban berat badan orang yang memakainya. Bersama-sama dengan badan orang, rompi pelampung memberikan gaya reaksi dari gaya tekan air ke atas. Besarnya gaya reaksi dari rompi pelampung yang merupakan daya apungnya dapat menahan orang untuk tetap terapung pada batas leher, sehingga orang dapat bertahan di air menunggu bantuan atau berenang ke arah tempat aman pada jarak terjangkau.

Rompi pelampung secara teknis dikenal sebagai PFD, kependekan dari perangkat pelampung pribadi. Rompi dirancang untuk membuat seseorang tetap mengapung di air dalam keadaan darurat dan dianggap sebagai alat yang menyelamatkan jiwa. Rompi pelampung merupakan perangkat yang dirancang untuk membantu pemakai, baik secara sadar atau di bawah sadar, untuk tetap mengapung dengan mulut dan hidung berada di atas permukaan air atau pada saat berada dalam air. Fungsi utama PFD adalah menjaga seseorang di permukaan air dalam posisi yang relatif tegak agar orang tersebut dapat bernapas dan tidak harus menginjak air agar tetap mengapung (Donald, 2011). Rompi pelampung terdiri dari bagian luar adalah kain poliester, nilon, neoprene dan material apung adalah

EPE foam, styrofoam. neoprene dan dilengkapi dengan resleting atau tali.



Gambar 1. Rompi Pelampung Solas
Type: yy5591a

Untuk menghasilkan rompi pelampung yang ergonomis, bagi pengguna, nyaman, dan stabil, dapat dikembangkan melalui pemilihan bahan apung maupun bentuk tiga dimensi (3D) dari tubuh manusia (Jeong, 2011., Lucas, 2012.). Bahan flotasi busa dengan ketebalan berbeda yang digunakan pada berbagai bagian untuk mencapai daya apung yang dibutuhkan. dan memfasilitasi gerakan (Martin, 2013), Proses desain teknik dan teknologi 3D digunakan untuk membuat *life jacket* 3D yang ergonomis, yang terdiri dari pola bagian dalam, pola busa polietilen (PE) untuk daya apung yang tepat dalam air, dan pola bagian luar. Metode pelapisan untuk mencapai ketebalan yang heterogen dan pola luar rompi pelampung dengan mempertimbangkan aspek ergonomis dari kelengkungan dan pergerakan tubuh manusia 3D (Cummings, 2011., Souyung, 2014).

Neoprene (CR), juga disebut poli khlor opren atau karet khloropren, karet sintetis yang diproduksi oleh polimerisasi (atau menghubungkan bersama-sama molekul tunggal menjadi raksasa, molekul multi-unit) dari kloropren. Karet untuk keperluan umum yang baik, neoprene dihargai karena kekuatan tariknya yang tinggi, ketahanan, ketahanan terhadap minyak dan nyala api, dan ketahanan terhadap degradasi oleh oksigen dan ozon namun biayanya yang

tinggi membatasi penggunaannya untuk aplikasi properti khusus. Karakteristik neoprene menurut (Monmouth, 2010) sebagai berikut tahan terhadap matahari, ozon, dan cuaca, tahan terhadap minyak dan zat kimia, tahan terhadap panas, kelenturan yang baik, dan tahan terhadap api.

Gaya apung diartikan sebagai gaya ke atas sehubungan dengan gravitasi pada benda yang terendam total atau sebagian dalam fluida baik cair maupun gas. Gaya berlebihan disebabkan oleh distribusi tekanan hidrostatik Donald dkk (2013). Ketika benda padat seluruhnya atau sebagian terbenam dalam fluida, molekul fluida terus menerus mengenai permukaan benda yang tenggelam. Gaya akibat tumbukan ini dapat digabungkan menjadi satu gaya, yaitu gaya apung Haliday dkk (2011). Gaya apung, yang selalu melawan gravitasi, bagaimanapun juga disebut gravitasi. Tekanan fluida meningkat dengan kedalaman karena berat gravitasi fluida di atas, tekanan yang meningkat ini menerapkan gaya pada benda yang terendam yang meningkat dengan kedalaman. Hasilnya adalah daya apung (Mohazzabi, 2017)

Hukum Archimedes menyatakan bahwa "ketika sebuah benda benar-benar terbenam dalam fluida, fluida memberikan gaya ke atas pada benda tersebut sama dengan beratnya jika fluida dipindahkan oleh benda tersebut (Jati, 2013). Hukum Archimedes adalah sebuah hukum tentang prinsip pengapungan di atas zat cair. Suatu benda yang dicelupkan sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut (Jati E.B., 2013) jika sebuah benda tercelup seluruhnya atau sebagian di dalam zat cair, zat cair akan memberikan gaya ke atas (gaya apung) pada benda, dimana besarnya gaya keatas (gaya apung) sama dengan berat zat cair yang dipindahkan (Halliday,

2011). Ketika suatu benda terendam seluruhnya atau sebagian dalam suatu cairan, gaya resultan bekerja pada tubuh yang mendorong benda tersebut ke atas. Gaya ini disebut gaya apung (Kuroki, H., 2016). Besarannya ditentukan oleh berat fluida yang dipindahkan oleh benda itu adalah:

$$F_a = \rho g V \quad (1)$$

dimana ρ adalah massa jenis fluida dan V adalah volume yang dipindahkan. Prinsip apung menyatakan bahwa suatu benda akan mengapung saat massa jenis zat cair lebih besar dari massa jenis benda (Donald.F.E., 2011). Pada benda terapung terdapat dua gaya yaitu F_a dan W . Dalam keadaan seimbang maka:

$$W = F_a \quad (2)$$

Archimedes dalam hukumnya yang berbunyi “gaya apung yang bekerja pada sebuah benda yang dibenamkan sama dengan berat fluida yang dipindahkan. Gaya apung yang terjadi pada benda adalah selisih gaya yang bekerja pada benda apabila dicelupkan atau berada dalam fluida. Dari hukum Archimedes didapatkan persamaan:

$$F_a = \rho_f \cdot V \cdot g \quad (3)$$

Benda terapung dalam zat cair apabila posisi benda sebagian muncul dipermukaan zat cair dan sebagian terbenam dalam zat cair. Keadaan ini terjadi saat massa jenis zat cair lebih besar dari massa jenis benda.

Benda dalam zat cair mengapung jika massa jenis benda lebih kecil daripada massa jenis zat cair ($\rho_b < \rho_f$). Ketika benda terapung, hanya sebagian volume benda yang tercelup ke dalam zat cair, sedangkan sebagian lagi berada di atas permukaan air dalam keadaan mengapung. Sehingga volume benda terbagi menjadi volume benda yang tercelup dan volume benda yang terapung.

$$V_b = V_{b'} + V_{bf} \quad (4)$$

$$F_a = \rho_f \cdot V_{bf} \cdot g \quad (5)$$

Karena hanya sebagian yang tercelup pada zat cair, maka persamaan gaya angkat ke atas dengan gaya berat berlaku

$$\rho_f \cdot V_{bf} = \rho_b \cdot V_b \quad (6)$$

Keterangan:

- $V_{b'}$: volume benda yang terapung (m^3)
- V_{bf} : volume benda yang tercelup dalam fluida (m^3)
- V_b : volume benda keseluruhan (m^3)
- F_a : gaya apung (N)
- ρ_f : massa jenis zat cair (kg/m^3)
- g : gravitasi (m/s^2)

2. Metodologi

Spesimen Uji adalah styrofoam dari Tokopedia dan neoprene dari Changzhou Dengyue Sponge.Co. Ltd. dipotong dengan ukuran yang sama, yaitu $(10 \times 7,5 \times 2,2) cm^3$ (Setiyanto & Hartoko, 2006). Observasi dilakukan pada kedua spesimen tersebut terhadap, warna, berat, kekakuan, kekuatan, tahan api dan harga. Pengujian berat jenis (*density balance*) dilakukan dengan metode ASTM D 1622. Pengujian daya apung dilakukan dengan cara pembebanan. Berat pembebanan yang diberikan 100 g kepada masing-masing bahan uji. Pengulangan dilakukan di kolam air tawar sebanyak 3 kali dengan selang waktu 24 jam (Setiyanto, 2006). Pengamatan dilakukan terhadap perbedaan volume bagian yang tenggelam atau bagian yang terapung dari bahan uji. Daya apung dari neoprene dan styrofoam. menurut Teori Archimedes $P = V \times \rho \times g$. Perbedaan nilai dari berat zat cair yang dipindahkan (P) tersebut dari bahan apung menunjukkan perbedaan daya apungnya, (ρ) massa jenis fluida, dan (g) percepatan gravitasi. (Setiyanto, 2005). Peralatan pendukung yang digunakan

adalah timbangan, penggaris serta kolam air tawar.

3. Hasil dan Pembahasan.

3. 1. Observasi Fisik dan Sifat Material Neoprene dan Styrofoam

Observasi fisik dilakukan pada material neoprene dan styrofoam diperlihatkan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Observasi Material Neoprene dan Styrofoam

Observasi	Neoprene	Styrofoam
Warna	Krim	Putih susu
Berat	Berat	Ringan
Kekauan	Lentur	Kaku
Kekuatan	Kuat	Rapuh
Tahan api	Tahan Api	Mudah terbakar
Harga	Mahal	Murah

Dari observasi terlihat bahwa untuk rompi pelampung neoprene cocok digunakan sebagai material bagian dalam rompi pelampung. Hal ini disebabkan karena neoprene kuat, lentur, tahan api sehingga pengguna rompi pelampung merasa aman dan nyaman.

Sifat material neoprene dengan berat jenis 85,2 kg/m³ diperlihatkan pada tabel 2. Neoprene mempunyai kelebihan yaitu bahan kuat tekanan kompresi tinggi, struktur sel tertutup, dan tahan terhadap temperatur panas dan tahan api. Pada styrofoam terdapat ruang antar butiran yang berisi udara yang tidak dapat menghantar panas, kaku, tembus cahaya, dan harganya murah. Warnanya putih susu dan ringan. Kelemahannya sifatnya yang rapuh. Keunggulan pelampung biasa harganya tidak terlalu mahal terlebih yang berisi *styrofoam*. Kekurangan pelampung biasa yaitu dapat kempis jika terlalu lama di air, hanya memungkinkan korban mengapung bagian kepala saja dan tidak dapat membawa korban ke darat dengan mudah.

3.1. Pengujian berat jenis bahan Neoprene

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa berat jenis neoprene adalah 0,0852 g/cm³. atau 85,2 kg/m³ Hal ini menunjukkan bahwa berat jenis neoprene lebih kecil dari berat jenis air laut (102,5 kg/m³) adalah benda yang terapung, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pelapis rompi pelampung.

Tabel 2. Sifat Neoprene

No	Sifat	Unit	Nilai	Metode
1	Tekanan kompresi 25 %	%	25	ASTM D1056
2	Kekuatan tarik	Kps	120	ASTM D412
3	Elongasi	%	115	ASTM D412
4	Konduksi Panas	W/M .k	42	ASTM D412
5	Indeks Resitan uap air		7040	DINNE N 12086
6	Ketahanan terhadap api		HF-1	UL 94
7	Struktur Sel		Tertutup	

3.3. Daya Apung

Volume bahan uji (spesimen) adalah hasil perkalian dari ukuran pokoknya, yaitu panjang (l), lebar (b) dan tebal (d). Agar dapat melihat perbedaan hasil pengujian secara signifikan maka ke dua jenis bahan dibuatkan ukuran pokok yang sama. Berat bahan uji diperoleh dari penimbangan dilapangan. Berat bahan uji ini akan ditambahkan pada faktor beban sebagai total pembebanan yang bekerja pada bahan uji. Berat pembebanan yang dorencanakan bekerja pada kedua spesimen adalah 93,83 g (faktor beban). Besar volume (V) dan berat (W) dari spesimen dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Berat Jenis Neoprene

Bahan Uji	M _{udara} (g)	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Volume (cm ³)	Densitas (g/cm ³)
1.	3.0489	3.831	4.073	2,318	36,7371	0.0830
		3,935	3,943	2,337		
		4,049	3,992	2,337		
2.	2,9210	4,050	3910	2,180	33,8957	0.0862
		4,003	3,891	2,178		
		3,863	3.984	2,161		
3.	2,9181	3,976	3.930	2,217	34,6006	0.08643
		3,890	4,029	2,227		
		3,870	4,003	2,211		
4.	2,8416	3,888	3,902	2175	32,1757	0.0883
		3,775	3,879	2176		
		3,817	3,872	2143		
5.	3,0406	3,977	4,039	2,286	36.0431	0.0844
		3,992	3,958	2,267		
		4.003	3861	2.302		
Rata-rata						0,0852
Standar deviasi						0,0021

Tabel 4. Besar Volume (V) dan Berat (W)

Bahan	P (cm)	L (cm)	T (cm)	V (cm ³)	W (g)
Styrofoam	10	7,5	2,2	165	2,0
Neoprene	10	7,5	2,2	165	14

Ket : P = Panjang, L = Lebar, T = Tinggi, V = Volume, W = Berat

Tabel 5. Data perubahan volume tenggelam material Neoprene dan Styrofoam

Bahan	Ulangan	Data Terapung (cm)	Data Tenggelam (cm)	V'	V''
Styrofoam	1	0,9	1,3	67,5	97,5
	2	1,1	1,1	82,5	82,5
	3	1,0	1,2	75	90
		1,0	1,2	75	90
Neoprene	1	1,0	1,2	75	90
	2	1,0	1,2	75	90
	3	0,9	1,3	67,5	97,5
		0,96	1,23	72,5	92,5

Keterangan :

V : volume, l x b x (d1), l dan b lihat Tabel 4.

V' : volume terapung

V'' : Volume tenggelam

Pengujian dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dalam selang waktu 24 jam. Berdasarkan pengujian tersebut diperoleh data tenggelam dan volume, yaitu volume bagian yang terendam atau volume bagian sisa di atas permukaan air, yang merupakan selisih dari volume sebelumnya. Data tenggelam dan terapung perubahan volume dapat dilihat pada Tabel 5.

Hal tersebut ditunjukkan dengan kemampuan menahan beban berat dari beban yang bekerja padanya. Besar volume bagian yang terendam menunjukkan besar dari gaya berat yang bekerja pada bahan. Besar gaya berat yang bekerja adalah:

$$W.g = (rbh \times Vbh) + (rbb \times Vbb) .g \quad (7)$$

Keterangan:

bh : bahan uji (bagian terendam)

bb : faktor beban, pembebanan

3.4. Perhitungan daya apung.

3.4.1. Berat Jenis Neoprene.

Berat total pembebanan [W] sebesar 107,83 g. sedangkan volume bagian terendam, [V''] sebesar 92,5 cm³. Maka berat jenis dapat dihitung dari rumus $r = W/V$. Hasilnya menjadi 107,83 g dibagi dengan 92,5 cm³ yaitu sebesar 1,1657 g/cm³.

3.4.2. Berat Jenis Styrofoam

Berat total pembebanan, [W] sebesar 95,83 g. Volume bagian terendam [V''] sebesar 90 cm³. maka berat jenis dapat dihitung menggunakan rumus $r = W/V$. Hasilnya menjadi 95,83 g dibagi dengan 90 cm³ yaitu sebesar 1,064 g/cm³.

3.4.3. Efisiensi daya apung neoprene terhadap Styrofoam.

Efisiensi daya apung neoprene terhadap Styrofoam dapat dicari dari perbedaan berat jenisnya Efisiensi daya apung yaitu

1,1657 dikurangi dengan 1,064 dibagi dengan 1,064 di kali 100 % hasilnya adalah sebesar 9,56 %

Berdasarkan data hasil pengujian masing-masing bahan uji, yaitu spesimen styrofoam dengan spesimen neoprene, diperoleh fakta bahwa bahan neoprene memiliki kemampuan apung lebih besar dari bahan styrofoam. Efisiensi sebesar 9,56% hanya berlaku untuk bagian kecil dari bahan apung rompi secara keseluruhan, yaitu pada bahan uji berukuran 10 x 7,5 x 2,2 cm. Pengujian material apung secara keseluruhan dari bahan rompi, memungkinkan kenaikan efisiensi secara signifikan.

4. Kesimpulan

Neoprene dapat digunakan sebagai pelapis bagian dalam rompi pelampung yang ergonomis karena material tidak kaku, mempunyai struktur sel tertutup, tahan api dan neoprene memiliki daya apung atau kemampuan menahan beban berat lebih baik dari pada bahan styrofoam dengan efisiensi sebesar 9,56%. Efisiensi tersebut berlaku pada bahan uji dengan ukuran 10 cm x 7,5 cm x 2,2 cm. Penelitian lebih lanjut dari hasil, perlu dilakukan perancangan rompi pelampung yang sebenarnya yang ergonomis sehingga menghasilkan rompi pelampung yang aman dan nyaman.

Ucapan Terimakasih

Penulis sangat berterimakasih kepada Rektor dan Ka LPPM atas dana dari Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

- Bambang E.J. (2013) *Fisika 1*, Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Cummings, P, Mueller, BA, Quan, L, (2011) Association [between wearing a personal floatation device and death by drowning among recreational boaters: a

- matched cohort analysis of United States Coast Guard data*, 17: 156–159.
- Donald F. E, dkk. (2013) *Engineering Fluid Mechanics. 10th Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- Duane Alex Quistberg 1. dkk. (2013) *How life jacket use among adult recreational boaters: a qualitative study of risk perception and behavior factors*. Elsevier Ltd. London.
- Halliday, D. . Resnick, Walker R. (2011) *Fundamental of Physic 9th Edition*. John Wiley & Sons Inc, NewYoirk .
- Jeong, Y. Jeong, Y . (2006) 2D pattern development of tight-fitting bodysuit from 3D body scan data for comfortable pressure sensation. *J Korean Assoc Hum Ecol*; 15: 481–490.
- Lucas, D.L., Lincoln, J.M., Somervell P.D., (2012) Worker satisfaction with personal flotation devices (PFDs) in the fishing industry: evaluations in actual use. *Appl Ergon* 2012; 43: 747–752.
- Martin J.B. Geoffrey M. L. Heather L, Michael J. T. (2013) *Inherent work suit buoyancy distribution: effects on lifejacket self-righting performance* PMID 25197896 DOI: 10.3357/ASEM.3991.
- Mohazzahi P. (2017) Archimedes Principle, Revisited. *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 836-843.
- Mounmouth. DL, Lincoln, JM, Somervell, PD. monmoyh Worker satisfaction with personal flotation devices (PFDs) in the fishing industry: evaluations in actual use. *Appl Ergon* 2012; 43: 747–752.
- Setiyanto I, Hartoko. (2005) *Pengembangan Bahan Polyurethane Pada Rompi Pelampung. Laporan Hibah Penelitian Universitas Diponegoro* .
- Setiyanto I. Hartoko. (2006) Uji Daya Apung Polyuretan dan Styrofoam *Jurnal Saintek perikanan*, 1, 54-58.
- Soyoung Kim, Heeran Lee, Kyunghi Hong. (2011) Uses of three-dimensional technology to construct ergonomic patterns for a well-fitting life jacket of heterogeneous thickness, *Textile Research Jurnal*, 42. 314-320.
- V. Mac Donald dkk, (2011). An ergonomic evaluation of infant life jackets: Donning time & donning accuracy *Applied Ergonomics* 42, 314-32

