

ANALISIS PENGARUH SUDUT TEMBAK (*ANGLE ATTACK*) TERHADAP DAMPAK BALISTIK PADA MATERIAL KOMPOSIT Matrik Resin Dengan Penguat Kulit Eceng Gondok (*EICHHORNIA CRASSIPES*) YANG DIANYAM

Abdul Latif* dan Helmy Purwanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

*Email: a.latief2924@gmail.com

Abstrak

Eceng gondok dikenal sebagai gulma air yang pertumbuhannya sulit dikendalikan. Dengan kandungan serat yang cukup besar, eceng gondok berpotensi untuk dikembangkan dalam bidang komposit berbasis serat alam, salah satu aplikasinya adalah untuk pembuatan bahan pengganti pada rompi anti peluru. Dalam tulisan ini dilakukan kajian fisis dan mekanis kulit eceng gondok dan ketahanan balistik komposit dengan fraksi volume serat dan resin 11% : 89%. Kulit eceng gondok dilakukan perlakuan alkalisasi dengan NaOH 5% selama 1 jam. Panel komposit berpenguat kulit eceng gondok yang di anyam dilakukan uji balistik dengan sudut serang 0°, 15°, 30° dan 45°. Hasilnya, komposit berpenguat kulit eceng gondok yang di anyam dengan matrik resin mampu menyerap energi dari laju peluru. Hasil pengujian tarik serat tunggal, kulit eceng gondok dengan perlakuan alkalisasi mempunyai nilai lebih besar yaitu 34,56 Mpa, sedangkan kulit eceng gondok tanpa perlakuan alkalisasi hanya sebesar 19,03 MPa. Untuk mengetahui sifat mekanik dari spesimen dilakukan uji tarik, hasilnya resin mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi yaitu sebesar 51,99 MPa sedangkan komposit berpenguat kulit eceng gondok yang di anyam dengan matrik resin hanya sebesar 30,33 MPa. Hal ini dikarenakan terdapat banyak void pada spesimen komposit yang mengakibatkan kekuatan komposit menurun.

Kata kunci: Kulit eceng gondok, alkalisasi, anyaman, sudut serang balistik.

PENDAHULUAN

Eceng gondok dengan nama ilmiah *Eichhornia crassipes* memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi dan mudah beradaptasi dengan baik di rawa, sungai, danau bahkan selokan, sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan, kandungan serat eceng gondok mencapai 20% dari berat keringnya, sehingga tanaman eceng gondok ini sangat berpotensi digunakan sebagai bahan komposit.

Pakaian pelindung berupa rompi anti peluru yang digunakan oleh militer, kepolisian, maupun sipil (eksekutif) pada umumnya terbuat dari bahan serat *aramatik polyamides* atau *aramid* yang dikenal dengan nama dagang *kevlar*, *twaron* dan sebagainya. Serat-serat tersebut sampai saat ini diperoleh dengan cara impor dengan harga yang sangat mahal (Zubaidi dkk, 2009). Sehingga dengan adanya pemanfaatan bahan lokal alam terutama dari tanaman eceng gondok diharapkan dapat mengurangi ketergantungan bahan pembuat rompi anti peluru terhadap negara lain, serta dapat memanfaatkan tanaman eceng gondok yang

dianggap sebagai gulma menjadi lebih barang yang mempunyai nilai ekonomi tinggi.

Material komposit adalah gabungan antara dua material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat (Jones, 1994), tetapi jika perpaduan terajadi secara mikroskopis (melukular level) maka disebut *alloying* atau paduan (Hull dan Clyne, 2000).

Matriks merupakan fasa pada komposit yang menjadi bagian penting pada komposit, karena matriks merupakan unsur/fasa terbanyak pada komposit. Pembagian komposit berdasarkan matriks dibagi menjadi tiga yaitu *polymer matrik composites* (PMC), *metal matrik composites* (MMC), *ceramic dan matrik composite* (CMC), (Gibson, 1994) :

Salah satu penyusun komposit yang utama adalah penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit, misalnya adalah serat. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan yang berupa potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat sendiri dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu serat alami dan serat sintesis (buatan manusia).

Alkalisasi adalah salah satu cara untuk meningkatkan kompatibilitas antara matrik dengan serat. Dengan berkurangnya hemiselulosa, *lignin* atau *pectin* serat, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik antara serat dengan matrik, dan juga dengan proses perendaman akan membuat pori-pori disekitar permukaan serat, kekuatan tarik serat paling optimal adalah dengan perlakuan alkalisasi sebesar 5%. (Maryanti, 2011).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat atau komposit yang terdiri dari *fiber* dan matriks sebagai pengikat. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi agar beban ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan (Vlack, 2004)

Pengujian tarik komposit dilakukan dengan mesin menurut standar ASTM D 638 M-84 uji tarik atau dengan *universal testing standar*. Hasil pengujian adalah grafik beban versus perpanjangan (elongasi). Tujuan dari pengujian tarik komposit adalah untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus.

Pengujian tarik serat tunggal bertujuan untuk mengetahui kekuatan tegangan serat, regangan serat dan modulus elastisitas serat. Ukuran spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar ASTM D3379-75

Balistik adalah bidang ilmu yang mempelajari tentang percepatan benda yang bergerak. Dalam ilmu modern balistik dikaitkan dengan perilaku peluru dan dampak yang ditimbulkan peluru tersebut. Ilmu balistik dibagi menjadi tiga yaitu balistik dalam, balistik luar dan balistik akhir (Stone, 1994).

Dikshit (1998) telah melakukan pengujian balistik dengan menggunakan *plate* tipis yang terbuat dari baja dengan ketebalan 10 mm dengan variasi sudut tembakan 15°, 30° dan 45°. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin kecil sudut tembakan yang dibentuk maka semakin dalam penetrasi yang diakibatkan. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rusnaldy (2014), bahwa ketahanan balistik akan semakin baik jika peluru yang ditembakkan membentuk sudut lebih besar dari 0°.

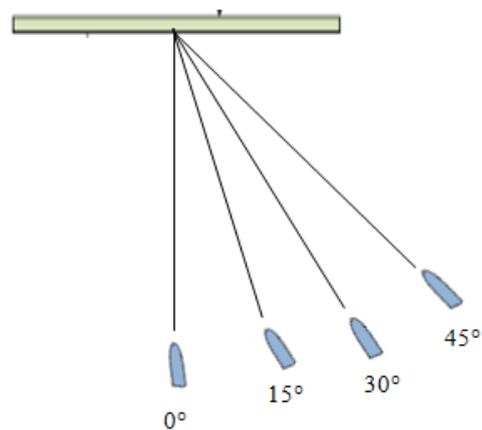
Khan dkk (2003) bahwa pengaruh dari ketebalan *plate* adalah semakin besar kecepatan sisa (*residual velocity*) semakin besar pula kecepatan tumbuknya (*impact velocity*), sedangkan pengaruh sudut miring tembakan adalah kecepatan sisa (*residual velocity*) secara umum menurun dengan meningkatnya kemiringan sudut tembakan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut tembakan pada pengujian balistik terhadap material komposit berpenguat kulit eceng gondok yang dianyam dengan matrik resin dengan variasi sudut serang 0°, 15°, 30° dan 45°. Belum terlalu banyak publikasi tentang pengaruh sudut tembakan pada ketahanan balistik suatu material komposit dengan penguat kulit eceng gondok yang dianyam. Hal ini disebabkan karena analisa dari *oblique impact* akibat pengaruh sudut tembakan yang relatif lebih kompleks dibanding *normal impact*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental.

Variabel bebas yang digunakan adalah variasi sudut penembakan dalam pengujian balistik yaitu sudut 0°, 15°, 30° dan 45°.



Gambar 1. Sketsa pengujian balistik

Variabel terikat yang digunakan adalah kekuatan tarik komposit dan kekuatan tarik serat tunggal

Variabel kontrol yang digunakan antara lain : Jumlah lamina komposit, perbandingan fraksi volume kulit eceng gondok 11% dan fraksi resin 89%, alkalisasi pada serat, ketebalan spesimen komposit, diameter kulit eceng gondok, perbandingan pemakaian katalis

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : Resin, katalis, NaOH 5%, kulit eceng gondok, aquades.

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah : Cetakan kaca ukuran 15 cm x 15 cm x 1 cm, alat anyaman, mesin uji tarik, *Chronograph*, Senapan angin, peluru, stand spesimen uji balistik, alat uji serat tunggal, alat bantu lain seperti : gelas ukur, timbangan digital, sikat gerinda, alumunium foil dan cairan pengkilat motor.

Pembuatan kulit eceng gondok dilakukan dengan cara seperti berikut : bagian yang digunakan adalah bagian batang, eceng gondok dibelah dari atas sampai bawah menggunakan pisau agar memudahkan air meresap pada saat direndam, proses perendaman menggunakan air panas selama ± 5 sampai 10 menit, serat dan kulit eceng gondok dipisahkan dengan cara mengeruk menggunakan koin, dalam keadaan basah kulit eceng gondok disikat menggunakan sikat gerinda sehingga kulit eceng gondok terpotong dengan ukuran ± 2 sampai 3 mm, kulit eceng gondok yang terpotong dikeringkan dalam suhu kamar ± 8 jam. Kulit eceng gondok yang sudah kering seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kulit eceng gondok

Proses alkalisasi kulit eceng gondok dilakukan dengan cara seperti berikut : kulit eceng gondok direndam selama 60 menit dengan larutan NaOH 5%, kemudian dicuci dengan aquades dan dikeringkan pada temperatur kamar selama 8 jam.

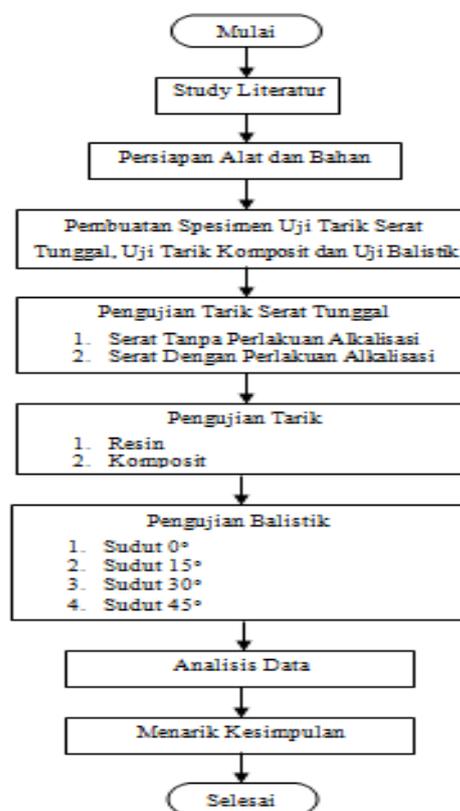
Pembuatan *reinforcement* anyaman kulit eceng gondok dilakukan dengan cara seperti berikut : kulit eceng gondok dipilin dengan panjang sekitar 17 cm kemudian di ikat pada kedua sisi paku yang ada pada alat anyaman, proses ini dilakukan sampai semua paku pada kedua sisi anyaman terikat oleh kulit eceng gondok, kemudian kulit eceng gondok yang telah dipilin dimasukkan dengan arah tegak lurus dengan jarak dua ikat pilinan yang di ikat. Proses pengayaman seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Anyaman kulit eceng gondok

Pembuatan spesimen komposit berpenguat kulit eceng gondok yang di anyam dengan matrik resin dilakukan dengan cara seperti berikut : anyaman kulit eceng gondok dimasukkan kedalam cetakan kaca yang dilapisi alumunium foil dan diolesi cairan pengkilat motor agar spesimen komposit yang sudah kering tidak lengket dan pada bagian luar cetakan dilapisi malam agar resin yang dituang dicetakan tidak keluar, volume resin sebesar 200,25 ml (89% dari volume keseluruhan) dituang kedalam gelas ukur kemudian ditambahkan katalis sebesar 1% dari volume resin, tuangkan resin kedalam cetakan kaca dan tutup rapat cetakan dengan kaca yang sudah disiapkan agar tidak ada *void* didalam cetakan, komposit akan mengering ± 6 jam.

Berikut diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik Serat Tunggal

Hasil tarik serat tunggal pada kulit eceng gondok bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimal antara kulit eceng gondok yang diperlakukan alkalisasi dengan kulit eceng gondok yang tanpa perlakuan alkalisasi.



Gambar 4. Foto mikro penampang kulit eceng gondok yang dipilin tampak atas

Tabel 1. Hasil uji tarik serat tunggal kulit eceng gondok

No	Jenis Spesimen	ΔL (mm)	Diameter rata-rata (mm)	A_0 (mm ²)	Beban max. (N)	Kekuatan Tarik (σ) (MPa)	Regangan (ϵ) (%)
1.	Tanpa Alkalisasi	1,71	0,556	0,246	4,473	19,032	6,8
2.	Alkalisasi	2,634	0,667	0,354	11,566	34,566	10,5

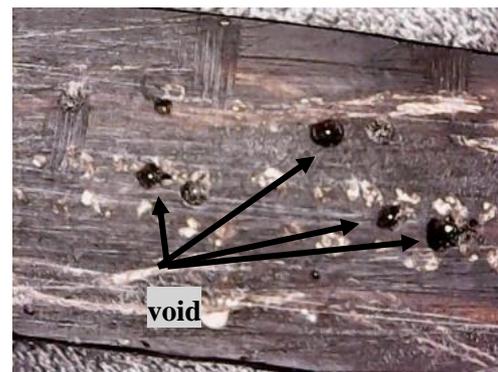
Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin, dengan berkurangnya penyusun serat tersebut *wetability* serat oleh matrik akan semakin baik, sehingga kekuatan antar muka pun akan meningkat (Maryanti, 2011).

Hasil Uji Tarik Spesimen

Kekuatan tarik suatu material menunjukkan kemampuan sebuah material untuk menerima beban atau tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah material ketika diregangkan atau ditarik, sebelum material tersebut patah. Titik tertinggi dari kurva tegangan–regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum atau *Ultimate Tensile Strength* (UTS). Adapun hasil pengujian tarik spesimen ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian tarik

No	Fraksi Volume	Kekuatan Tarik rata-rata (σ) (MPa)	Regangan rata-rata (ϵ) (%)	Tegangan Luluh rata-rata (Mpa)	Modulus Elastisitas (MPa)
1	0%	51,99	12,28	45,08	4,23
2	11%	30,33	9,04	27,34	3,36

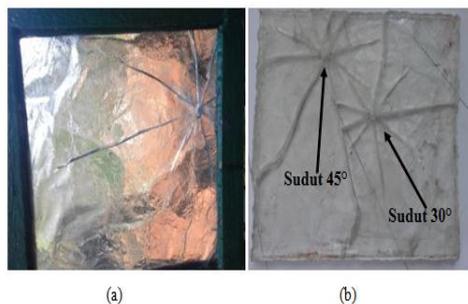


Gambar 5. Foto makro komposit berpenguat eceng gondok dengan matrik resin

Pada foto makro Gambar 5 komposit berpenguat eceng gondok yang di anyam dengan matrik resin ditemukan banyak void, hal ini yang mengakibatkan kekuatan tarik material komposit berpenguat kulit eceng gondok yang di anyam dengan penguat resin lebih rendah dibandingkan dengan resin, hal ini terjadi karena daya ikat yang tidak sempurna antara matriks dengan serat sehingga mengakibatkan banyaknya void pada komposit yang mengakibatkan kekuatan komposit menurun (Taufik dan Astuti, 2014)

Hasil Uji Balistik Resin

Pengujian balistik pada resin bertujuan untuk mengetahui ketahanan resin terhadap energi kinetik yang dihasilkan oleh peluru, hasil pengujian balistik pada resin ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian balistik resin (a) sudut 45° dan (b) sudut 30°

Dari pengujian balistik pada spesimen resin, spesimen resin retak yang cukup panjang setelah diuji balistik dengan sudut tembak 45° dan pecah setelah diuji balistik pada sudut 30°, walaupun resin mempunyai kekuatan tarik lebih besar yaitu sebesar 51,99 MPa dibandingkan dengan komposit berpenguat kulit eceng gondok yang dianyam dengan matrik resin yang hanya 30,33 MPa tetapi resin tidak mampu menahan energi kinetik yang dihasilkan oleh peluru

Hasil Uji Balistik Komposit

Uji balistik komposit bertujuan untuk mengamati perilaku peluru dan dampak yang ditimbulkan dari peluru tersebut, serta untuk mengetahui kecepatan sisa peluru tersebut ketika menghantam komposit. Uji balistik dilakukan pada jarak 5 meter dengan empat variasi sudut penembakan yaitu sudut 0°, 15°, 30° dan 45°.



Gambar 7. Spesimen komposit berpenguat eceng gondok yang di anyam dengan matrik resin

Dari hasil pengujian balistik dengan variasi sudut tembak, spesimen komposit berpenguat kulit eceng gondok yang di anyam dengan matrik resin mampu menyerap energi dari laju proyektil peluru, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 tidak tercatat ada nya kecepatan sisa dari proyektil.

Tabel 3. Hasil uji balistik

Variasi Sudut (0°)	Kecepatan peluru rata-rata (m/s)	Kondisi panel	Kecepatan sisa pecahan/proyektil(m/s)
0	200,7	Tidak Tembus	0
		Tidak Tembus	0
		Tidak Tembus	0
15	200,7	Tidak Tembus	0
		Tidak Tembus	0
		Tidak Tembus	0
30	200,7	Tidak Tembus	0
		Tidak Tembus	0
		Tidak Tembus	0
45	200,7	Tidak tembus	0
		Tidak tembus	0
		Tidak tembus	0

Tabel 4. Foto kerusakan material target uji balistik

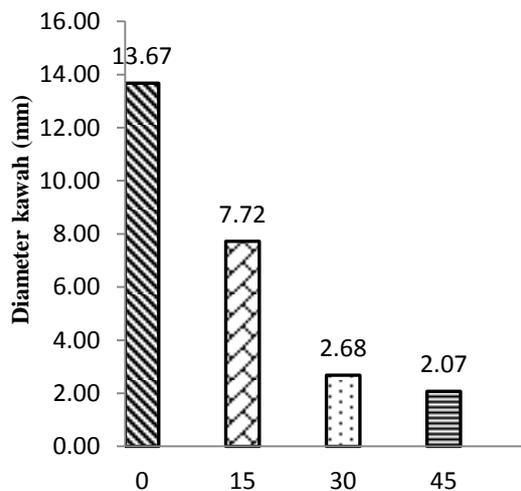
Sudut Tembak (0°)	Tampak Depan	Tampak Belakang	Peluru
0			
15			
30			
45			

Pada Tabel 4 memperlihatkan dampak dari uji balistik pada material target pada bagian depan dan belakang. Dampak kerusakan spesimen terbesar pada pengujian balistik adalah pada sudut 0°, pada sudut ini pada bagian belakang spesimen ditemukan retak yang menjalar yang cukup besar, walaupun demikian tidak ditemukan *spalling* pada spesimen, karena jika timbul *spalling* dapat membahayakan pengguna dari hamburan material (Hogg, 2005). Seiring dengan bertambah besar sudut yang dibentuk pada

pengujian balistik, dampak yang ditimbulkan pada spesimen semakin kecil, hal ini dikarenakan energi kinetik yang dihasilkan peluru tidak sepenuhnya ditahan oleh material target, sehingga kerusakan yang ditimbulkan lebih kecil dibandingkan dengan spesimen target uji balistik dengan normal sudut (0°).

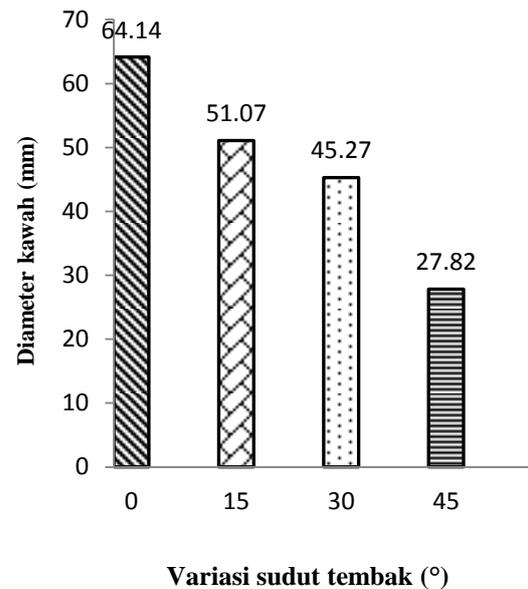
Tabel 5. Pengukuran kawah spesimen target uji balistik

Sudut Tembak (0°)	Tampak Depan			Tampak Belakang		
	Bentuk	Diameter (mm)	Diameter Rata-rata (mm)	Bentuk	Diameter (mm)	Diameter Rata-rata (mm)
0	Lingkaran	14,84		Lingkaran	54,52	
	Lingkaran	13,08	13,67	Lingkaran	65,10	64,14
	Lingkaran	13,10		Lingkaran	72,80	
15	Lingkaran	8,40		Lingkaran	59,40	
	Lingkaran	7,14	7,72	Lingkaran	44,28	51,07
	Lingkaran	7,62		Lingkaran	49,52	
30	Lingkaran	4,84		Lingkaran	36,28	
	Lingkaran	3,20	2,68	Lingkaran	42,90	45,27
	Lingkaran	0		Lingkaran	56,64	
45	Lingkaran	0		Lingkaran	0	
	Lingkaran	0	2,07	Lingkaran	38,20	27,82
	Lingkaran	6,22		Lingkaran	45,26	



Variasi sudut tembak ($^\circ$)

Gambar.8 Histogram hubungan diameter kawah tampak depan spesimen dengan sudut tembak



Gambar 9. Histogram hubungan diameter kawah tampak belakang spesimen dengan sudut tembak.

Dari histogram pada Gambar 7 dan Gambar 8 diameter kawah bagian depan maupun bagian belakang spesimen yang paling besar adalah pada uji balistik dengan sudut tembak 0° , sedangkan diameter kawah paling kecil adalah pada uji balistik pada sudut 45° , sehingga dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut yang dibentuk pada saat pengujian balistik maka dampak yang ditimbulkan pada material target semakin kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Dikshit (1998) yang menyimpulkan bahwa semakin kecil sudut serang dalam pengujian balistik maka semakin besar kedalaman penetrasi pada material target, dan juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rusnaldy (2014), bahwa ketahanan balistik akan semakin baik jika peluru yang ditembakkan membentuk sudut lebih besar dari 0° .

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa material komposit matrik resin dengan penguat kulit eceng gondok yang di anyam mampu menyerap energi dari laju peluru ketika di uji balistik dengan berbagai variasi sudut tembak, kerusakan spesimen target paling besar ditunjukkan pada sudut tembak 0° kerusakan spesimen target berkurang seiring dengan bertambah besarnya sudut serang pengujian balistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dikshit, S.N., (1998), "Oblique Impact Study in Thin Steel Armour Plate". *Defence Science Journal*, Vol. 48, No. 2, 185-195.
- Gibson, F., Ronald., (1994). "Principle Of Composite Material Mechanics". Singapore. Departemen Of Mechanical Engineering Wayne State University Detroit.
- Hogg, P.J., (2005), "Composites for Ballistic Applications". Department of Material Queen Mary : University of London
- Hull, D., & Clyne, T.W., (2000), "An Introduction to Composite Material (2nd ed). Cambridge" : Cambridge University Press.
- Jones, R.M., (1994), "Mechanics of Composite Materials". McGraw-Hill Kogakusha, LTD, Washington D. C.
- Khan, W.U., Ansari, R., Gupta, N.K., (2003), "Oblique Impact of Projectile on Thin Aluminium Plate". *Defence Science Journal*, Vol. 53, No. 2, April 2003, pp. 139-146.
- Maryanti, B., Sonief, A.A., Wahyudi, S., (2011), "Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik". *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 2, No. 2 Tahun 2011 : 123-129 Universitas Brawijaya : Malang.
- Rusnaldy, Haryanto, I., Iskandar, N., Nugraha, B., Zaedun, A. (2014), "Ketahanan Balistik Lembaran Baja pada Berbagai Sudut Tembak". *Rotasi – Vol. 16, No. 1, Januari 2014: 34-37. Universitas Diponegoro : Semarang*
- Stone, G., (1994), "Projectile Penetration into Representative Target". Sandia National Laboratories, *Sandia Report SAND94 – 1990. USA*
- Taufik, C.M., Astuti., (2014), "Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Mekanik Serta Struktur Mikro Komposit Resin Yang Diperkuat Serat Daun Pandan Alas (Pandanus Dubius)". *Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No. 1, Januari 2014.*
- Vlack, V., (2004). *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta
- Zubaidi., Moekarto, M, Santoso, S., (2009). "Pembuatan Rompi Anti Peluru Menggunakan Bahan Dasar Serat Poliester". *Balai Besar Tekstil. Bandung*