



## Journal of Aquaculture Studies and Development

### Uji Fisik Pembuatan *Ecoaquatic* Block Menggunakan Campuran Limbah Plastik Jenis Pet (*Polyethylene Terephthalate*) Dan Pasir Sebagai Lapisan Konstruksi Tambak

### Physical Test of *Ecoaquatic* block Making Using a Mixture of PET Type Plastic Waste (*Polyethylene Terephthalate*) and Sand as a Layer of Sandy Soil Pond Construction

Muh. Fachrul Hamka<sup>1</sup> dan Marlina Achmad<sup>2</sup>✉

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Sarjana, Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Sulawesi Selatan, Indonesia; <sup>2</sup>Department Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Sulawesi Selatan, Indonesia. ✉Corresponding author: marlina.achmad@yahoo.com

Untuk mengutip artikel ini: Hamka M.F. (2023) Physical Test of *Ecoaquatic* block Making Using a Mixture of PET Type Plastic Waste (*Polyethylene Terephthalate*) and Sand as a Layer of Sandy Soil Pond Construction. *JASDev*, 1 (1): 1-9.

**Abstrak.** *Ecoaquatic* adalah tambak yang terdiri dari campuran plastik dan pasir. Untuk menghindari kebocoran air, konstruksi tambak dilengkapi dengan *Ecoaquatic* block dengan ketebalan 6 cm dan di atas plastik dilapisi pasir setebal 3-5 cm pada dasar tambak. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis daya menahan tekanan dan daya menahan air pembuatan *Ecoaquatic* block menggunakan campuran limbah plastik jenis PET (*Polyethylene terephthalate*) dan pasir sebagai lapisan konstruksi tambak tanah berpasir. *Ecoaquatic* block dibuat dari campuran bahan plastik jenis PET, pasir dan oli. Penelitian didesain dengan rancangan acak lengkap dengan perlakuan empat yakni komposisi perbandingan plastik dan pasir yaitu 50 : 50%, 60 : 40%, 70 : 30%, 80 : 20%, kontrol dan tiga ulangan untuk masing-masing perlakuan. Pengujian *Ecoaquatic* block dilakukan pada umur 14 dan 28 hari. *Ecoaquatic* block dijemur hingga masa pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil daya menahan tekanan yang paling tinggi terdapat pada perbandingan 50:50% yaitu mencapai  $20,42 \pm 0,26$  dan  $21,25 \pm 0,73$  Mpa. Sedangkan, hasil pengujian daya menahan air menunjukkan pada perbandingan 80:20% merupakan perbandingan yang mempunyai nilai daya menahan air paling tinggi yaitu  $94,49 \pm 0,44$  dan  $95,78 \pm 0,42\%$ . Berdasarkan syarat mutu SNI 03-0691-1996 perbandingan 50:50% memenuhi syarat dan masuk ke kategori mutu B.

**Kata kunci:** *Ecoaquatic* block, daya menahan air, daya menahan tekanan, plastik jenis PET

**Abstract.** *Ecoaquatic* is a pond consisting of a mixture of plastic and sand. To avoid water leakage, the pond construction is equipped with an *Ecoaquatic* block with a thickness of 6 cm and on top of plastic coated with 3-5 cm thick sand at the bottom of the pond. The purpose of this study was to analyze the pressure and water holding capacity. *Ecoaquatic* blocks were made using a mixture of plastic waste type PET (*Polyethylene terephthalate*), sand as a construction layer for sandy soil ponds and oil. The study was designed in a completely randomized design with four treatments, namely the composition of the plastic and sand ratio, namely 50 : 50%, 60 : 40%, 70 : 30%, 80 : 20%, control with three replications for each

treatment. Ecoaquatic block testing was carried out after 14 and 28 days of drying. Ecoaquatic blocks were dried under the sun until the testing period. The results showed that the highest pressure-resisting capacity was found at a ratio of 50:50%, reaching  $20.42 \pm 0.26$  and  $21.25 \pm 0.73$  Mpa. Meanwhile, the results of the water-holding test showed that the ratio of 80:20% was the ratio that had the highest water-holding capacity, namely  $94.49 \pm 0.44$  and  $95.78 \pm 0.42\%$ . Based on the quality requirements of SNI 03-0691-1996 a ratio of 50:50% meets the requirements and qualify the B quality category.

**Keywords:** *ecoaquatic block*, plastic type PET (*Polyethylene terephthalate*), strong press, water repellent.

## Pendahuluan

Saat ini perkembangan budidaya tambak di Indonesia secara intensif terus meningkat. Menurut data KKP (2015), luas budidaya tambak mengalami peningkatan 2,55% dari tahun 2013-2014 yaitu tercatat sebesar 667.083 hektar luas tahun 2014. Akan tetapi potensi lahan tambak tersebut terkendala beberapa permasalahan seperti: tanah masam yang disebabkan kandungan pirit serta bahan organik yang tinggi dan tanah berpasir yang memiliki tingkat porositas dan permeabilitas tanah yang tinggi. Menurut Riset Kementerian Kelautan dan Perikanan (2010) menyatakan bahwa potensi tanah sulfat masam di Indonesia sekitar 6,6 juta hektar dan baru dimanfaatkan sekitar 612.000 hektar. Untuk itu perlu teknologi konstruksi tambak yang tepat dan dapat dilakukan di tanah sulfat masam dan tekstur tanah berpasir

*Ecoaquatic* merupakan tambak yang dibuat yang terdiri dari campuran plastik dan pasir. *Ecoaquatic* berasal dari kata *eco* (kata inggris ekologi) dan *aquatic* (kata inggris akuatik). Istilah *Ecoaquatic* ini dimaksudkan sebagai penciri penggunaan antara limbah plastik dan pasir untuk dijadikan pelapis tambak budidaya di daratan pesisir. Untuk menghindari kebocoran air dan porositas pematang, maka konstruksi tambak dilengkapi dengan campuran plastik pada dasar tambak dan campuran antara pasir, plastik dan kerikil untuk dinding pematang tambak. Ada beberapa keuntungan dengan metode ini, bagian bawah tambak dengan campuran plastik ini bertujuan untuk menghindari kerugian karena akumulasi lapisan lumpur di permukaan bawah tambak yang menciptakan media untuk membiakkan virus dan gangguan lain yang merusak budidaya. Dalam hal sanitasi, tambak *Ecoaquatic* lebih steril dari tambak tanah, karena di bawah sinar matahari tambak pasir bisa mencapai 80-90 Celcius sehingga jika dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3-4 hari dapat membunuh bakteri patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Selain itu, penggunaan material plastik juga diharapkan mampu menekan biaya pembuatan tambak dibandingkan dengan tambak semi plastik. Material plastik yang digunakan dalam pembuatan *Ecoaquatic* block adalah plastik jenis PET (*Polyethylene terephthalate*).

Plastik jenis PET (*Polyethylene terephthalate*) merupakan jenis plastik banyak dipakai untuk membuat tempat makanan sekali pakai, plastik kemasan, botol-botol yang lembek, tutup plastik, dan plastik tipis lainnya. Luasnya penggunaan ini mengakibatkan jumlah limbah jenis plastik PET sangat besar sehingga potensial digunakan sebagai bahan baku konstruksi, seperti untuk pembuatan paving blok beton (bata beton). Menurut Setiyadi (2015), Plastik PET mempunyai sifat fleksibilitas yang baik, kuat, serta memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia. Penggunaan plastik untuk bahan konstruksi dapat meningkatkan elastisitas dan daya tahan serta menurunkan densitas sehingga bahan menjadi lebih ringan. Selain itu penggunaan limbah plastik juga diharapkan dapat menghasilkan bahan konstruksi dengan harga yang lebih murah, serta yang

penting lainnya adalah adanya alternatif solusi dalam penanganan dan pemanfaatan limbah plastik guna mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting untuk memanfaatkan sampah plastik menjadi bahan alternatif dalam pembuatan lapisan tambak tanah berpasir serta sebagai upaya mereduksi limbah plastik menjadi produk lain yang bermanfaat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis uji kuat tekan dan daya menahan air pembuatan *ecoaquatic block* menggunakan campuran limbah plastik jenis PET (*Polyethylene terephthalate*) sebagai lapisan konstruksi kolam tanah.

## Bahan dan Metode

**Pembuatan Equatic block.** *Ecoaquatic block* dibuat dari campuran bahan plastik jenis PET, pasir dan oli. Tahapan pembuatan *Ecoaquatic block* dimulai dari pengumpulan botol-botol air mineral dari jenis plastik golongan 1 PET (*polyethylene terephthalate*) yang mana plastik diperoleh bekerjasama dengan Mall Sampah Makassar, lalu plastik tersebut dicacah menggunakan mesin pencacah bekerjasama dengan UD. Pattene Jaya Plastik sampai dengan tahapan pengeringan selama 14 dan 28 hari karna pada umur itulah *Ecoaquatic block* dikatakan baik untuk dilakukan proses pengujian merujuk pada pengujian kuat tekan dan daya serap paving block (SNI 03-0691-1996). Ukuran *ecoaquatic block* yang dibuat oleh peneliti berbentuk persegi panjang dengan panjang 20 cm, lebar 10 cm dan ketebalan 6 cm.

**Perlakuan.** Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali pengulangan sehingga didapat 15 satuan percobaan. Perlakuan yang diuji adalah berbagai perbandingan plastik dan pasir untuk membuat *ecoaquatic block*. Perlakuan tersebut adalah :

- a. Kontrol tanpa plastik
- b. Perbandingan 50:50% dari total berat plastik dan pasir.
- c. Perbandingan 60:40% dari total berat plastik dan pasir.
- d. Perbandingan 70:30% dari total berat plastik dan pasir.
- e. Perbandingan 80:20% dari total berat plastik dan pasir

**Parameter yang Diamati.** Parameter yang diamati adalah Daya Menahan Tekanan dan Daya Menahan Air.

### a. Daya Menahan Tekanan

Daya menahan tekanan merupakan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan dasar tambak hancur atau retak bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Daya menahan tekanan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya menahan tekanan} = \frac{P}{L} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

### b. Daya Menahan Air

Pengujian daya menahan air bertujuan guna mengetahui seberapa besar *ecoaquatic block* dengan serat PET mampu menahan air tambak

$$\text{Daya menahan air} = 100 \% - \left( \frac{A-B}{B} \times 100\% \right) \dots\dots\dots (2)$$

**Keterangan:**

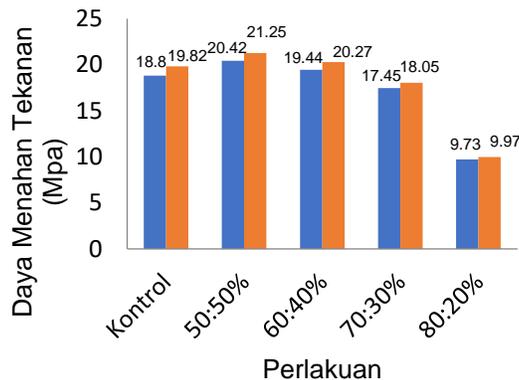
A = berat *ecoaquatic* block basah

B = berat *ecoaquatic* block kering

**Analisis Data.** Pengaruh perlakuan terhadap daya menahan tekanan dan daya menahan air dianalisis menggunakan analisis ragam atau Analisis of Varians (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter maka dilanjutkan dengan uji W-Tukey digunakan paket perangkat lunak komputer program SPSS versi 22,0 untuk menganalisis perlakuan mana yang berbeda

**Hasil**

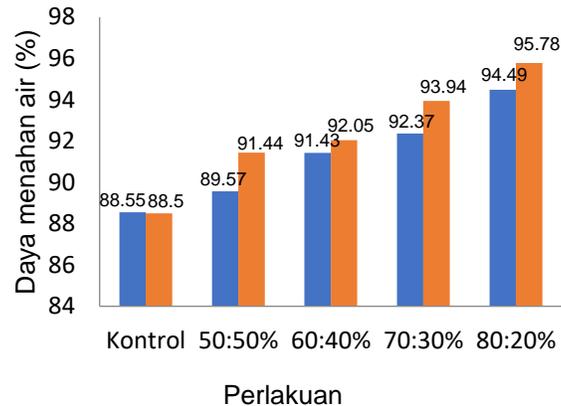
**Daya Menahan Tekanan.** Hasil uji daya menahan tekanan pada pembuatan *Ecoaquatic block* berbahan dasar limbah sampah jenis PET (*Polyethylene tetrphalate*) pada umur 14 dan 28 hari menunjukkan setiap perlakuan memiliki nilai daya tekan yang bervariasi dari setiap perbandingan. Berikut ini adalah data hasil uji daya menahan tekanan sampel *Ecoaquatic block* pada umur 14 dan 28 hari.



Gambar 1. Rerata Daya menahan tekanan.

Hasil analisis ragam (ANOVA) membuktikan bahwa perlakuan dengan penambahan cacahan plastik jenis PET (*Polyethylene terephthalate*) dalam pembuatan *Ecoaquatic block* memberi pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap daya menahan tekanan pada hari 14 dan 28. Hasil uji lanjut W-Tuckey pada hari 14 menunjukkan bahwa daya menahan tekanan tertinggi pada perbandingan 50:50% mencapai nilai  $20,42 \pm 0,26$ . Namun nilai ini tidak berbeda dengan perbandingan 60:40%, sedangkan antara perbandingan 80:20% dan 70:30% berbeda dengan semua perlakuan ( $P < 0,05$ ). Selanjutnya, hasil uji lanjut W-Tuckey pada hari 28 menunjukkan bahwa daya menahan tekanan tertinggi pada perbandingan 50:50% mencapai nilai  $21,25 \pm 0,73$ . Namun nilainya juga tidak berbeda dengan perlakuan kontrol dan perbandingan 60:40%. Akan tetapi perlakuan dengan perbandingan 80:20% dan 70:30% berbeda dengan semua perlakuan ( $P < 0,05$ ).

## Daya Menahan Air



Gambar 2. Rerata Daya menahan air.

Hasil analisis ragam (ANOVA) membuktikan bahwa perlakuan dengan penambahan cacahan plastik jenis PET (Polyethylene terephthalate) dalam pembuatan *Ecoaquatic* block memberi pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap daya menahan air pada hari 14 dan 28. Hasil uji lanjut W-Tuckey pada hari 14 menunjukkan bahwa perlakuan kontrol yang memiliki nilai daya menahan air 88,50% berbeda dengan perbandingan 70:30% dan perbandingan 80:20% sedangkan pada perbandingan 60:40% tidak berbeda dengan semua perlakuan ( $P > 0,05$ ). Selanjutnya, hasil uji lanjut W-Tuckey pada hari 28 menunjukkan perlakuan kontrol berbeda dengan semua perlakuan ( $P > 0,05$ ) sedangkan pada perbandingan 70:30% tidak berbeda dengan perbandingan 50:50 %, perbandingan 60:40% dan perbandingan 80:20% ( $P > 0,05$ ).

## Pembahasan

**Analisa Hasil Pengujian Daya Menahan Tekanan.** Hasil pengujian daya menahan tekanan *ecoaquatic* block dengan penambahan cacahan plastik PET memperlihatkan bahwa daya menahan tekanan *ecoaquatic* block terjadi peningkatan maksimum pada perbandingan 50:50% mencapai nilai  $20,42 \pm 0,26$  Mpa kemudian peningkatan daya menahan tekanan *ecoaquatic* block minimum pada perbandingan 80:20% mencapai nilai  $9,73 \pm 0,17$  Mpa. Hal ini diduga pada perbandingan 50:50% merupakan perbandingan paling optimal hal ini dikarenakan campuran plastik dan pasir dalam jumlah yang sama banyak mempengaruhi daya lekat dan daya kuat *ecoaquatic* block . Plastik PET mempunyai serat yang kuat sama seperti semen, Menurut Murdiyoto (2011) adanya serat yang terdapat pada plastik jenis PET yang disebut serat fiber, dimana serat ini mampu menambah nilai kuat tahanan pada *ecoaquatic* block yang dibuat peneliti. Serat PET (*polyethylene terephthalate*) melekat sempurna pada komponen block dan serat tidak mengalami tumpang tindih dengan serat yang lain sehingga tidak mengurangi daya lekat dari bahan campuran yang lain dimana akan mempengaruhi daya menahan tekanan paving.

Serat PET mempunyai fungsi sebagai tulangan mikro yang tersebar merata di dalam paving, dimana serat PET ini menyalurkan tekanan-tekanan yang diterima keseluruhan bagian dari paving. Dengan adanya penyaluran tekanan ini dapat memaksimalkan daya menahan tekanan dari paving. Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hadi (2018) menunjukkan bahwa penggunaan serat PET dengan proporsi 0,4% dapat meningkatkan daya menahan tekanan dari paving block sebesar 32,05% terhadap paving block normal.

Perbandingan yang tidak seimbang seperti halnya campuran plastik yang terlalu banyak atau bahkan pasir yang digunakan terlalu sedikit dapat menyebabkan penurunan pada nilai daya menahan tekanan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amran (2015), penurunan daya menahan tekanan paving block diakibatkan lekatan antara bahan-bahan penyusun paving block kurang bekerja maksimal karena jumlah konsentrasi serat plastik yang tidak sesuai mengakibatkan volume pasta berkurang, sehingga banyak rongga atau celah kosong yang membuat struktur tatanan paving block tidak padat waktu diuji.

Faktor lain yang mempengaruhi terhadap nilai daya menahan tekanan yang naik turun ini yaitu ukuran agregat. Menurut Purwati dkk (2014) salah satu cara meningkatkan daya menahan tekanan beton dengan pembuatan beton ekstra padat yang menggunakan gradasi agregat yang baik. Apabila agregat mempunyai ukuran butiran yang lebih halus dan dengan ukuran yang bervariasi, maka volume pori beton menjadi lebih kecil. Bisa ditarik kesimpulan bahwa agregat yang bervariasi dapat mengisi satu sama lain sehingga paving block menjadi lebih padat.

***Analisa Hasil Pengujian Daya Menahan Air.*** Hasil pada pengujian daya menahan air *ecoaquatic block* menunjukkan bahwa pada perbandingan 80:20% merupakan perbandingan paling optimal karena mempunyai nilai daya menahan air yang tinggi yakni mencapai 95,78% sedangkan perbandingan nilai daya menahan air terendah pada kontrol yaitu 88,50%. Hal ini terlihat semakin besar bahan substitusi yang digunakan yaitu sampah plastik jenis PET maka semakin tinggi persentase daya menahan air dari *Ecoaquatic block*. Menurut Sulistiyani dkk. (2015) besar atau kecil nilai daya menahan air yang dihasilkan tergantung dari kepadatan dan jumlah rongga yang terdapat pada paving block. Sehingga perbandingan 50:50% sampai 80:20% mengalami peningkatan karena *Ecoaquatic block* yang padat dan jumlah rongga nya kecil sehingga nilai menahan air nya juga tinggi.

Hal ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang dilakukan oleh Indah Handayasari (2019) memperoleh hasil bahwa paving block dengan campuran plastik dan limbah cangkang kerang pada perbandingan 10% didapatkan nilai presentase penyerapan sebesar 2,24%. Penurunan nilai absorbability diakibatkan oleh karakteristik polimer yang mengisi pori antar partikel agregat (pasir). Selain itu sifat alami dari polimer yang hidrofobik juga mengakibatkan turunnya nilai absorbability. Nilai absorbability yang kecil dapat menguntungkan untuk aplikasi bahan bangunan karena dapat mengurangi resiko yang disebabkan oleh penetrasi air ke dalam rongga-rongga dari material bangunan yang dapat menyebabkan kerusakan seperti retakan dan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan. (Putra, 2018). Selain itu sifat polietilen (plastik) yang tidak tembus air dan tidak terlarut dalam air pada temperatur ruang menyebabkan daya menahan air pada paving block bertambah. (Hambali. 2013).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gincel (2012), penyerapan air paving block secara alami berhubungan dengan sifat dari sistem pori dalam paving block itu sendiri. Agregat juga dapat memiliki pori-pori, akan tetapi ini biasanya terputus-putus. paving block paling baik memiliki penyerapan di bawah 10%, dalam hal ini pada saat penambahan agregat kasar berupa limbah plastik jenis PET dengan beberapa perbandingan menunjukkan daya menahan air yang lebih tinggi >90% dibandingkan dengan paving block tanpa penambahan agregat kasar.

***Penentuan Mutu.*** Penentuan mutu *ecoaquatic block* ini berdasarkan hasil uji daya menahan tekanan dan daya menahan air yang telah dilakukan, dari hasil tersebut dibandingkan dengan mutu paving block BSN SNI 03-0691-1996 (Indonesia, 1996) seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisika Mutu Paving Block BSN SNI 03-0691-1996.

Mutu	Daya menahan tekanan (MPa)		Penyerapan air Rata-rata maks. (%)	Penggunaan
	Rata-rata	Min.		
A	40	35	3	Jalan
B	20	17	6	Tempat Parkir
C	15	12,5	8	Taman
D	10	8,5	10	Trotoar

Berdasarkan tabel 1, mutu *ecoaquatic block* yang didapatkan dari hasil uji daya menahan tekanan dan daya menahan air untuk semua komposisi didapatkan hasil yang beragam. Mutu *ecoaquatic block* terbaik berdasarkan hasil uji daya menahan tekanan dan daya menahan air adalah mutu B, yang didapatkan pada perbandingan 50:50% dengan nilai daya menahan tekanan sebesar 21,28 MPa dan daya menahan air 95,78%. Jika dalam satu meter persegi luas tambak dengan ketinggian air 150 cm diperoleh kuat tekanan air sebesar 15.37 MPa. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa *ecoaquatic block* dengan komposisi perbandingan 50:50% dapat digunakan sebagai lapisan konstruksi tambak dengan ketinggian air tambak 150 cm. Adapun volume sampah plastik yang dapat dimanfaatkan dengan pada komposisi perbandingan 50:50% adalah 800 gr/*ecoaquatic block*. Penggunaan *Ecoaquatic block* dengan luas 1 m<sup>2</sup> adalah sebesar 50 buah. Dengan demikian dalam penggunaan *ecoaquatic block* 1 m<sup>2</sup>, sampah plastik yang dapat dimanfaatkan sebesar 40.000 g atau setara dengan 40 kg.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan bahwa komposisi perbandingan 50:50 % plastik dan pasir dalam pembuatan *ecoaquatic block* menghasilkan daya menahan tekanan dan daya menahan air terbaik dibandingkan perlakuan lainnya.

## Daftar Pustaka

- Amran Y. (2015). Pemanfaatan limbah plastik untuk bahan tambahan pembuatan paving block sebagai alternatif perkerasan pada lahan parkir di Universitas Muhammadiyah Metro. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 4 (2).
- Cook F. J., Hicks W., Gardner, E. A., Carlin, G. D., dan Froggait, D. W. (2000). Export of acidity in drainage water from acid sulphate soils. *Marine Pollution Bulletin*, 41 (7-12): 319-326.
- Coniwanti. (2014). Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati Jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20 (4): 22-30.
- Djamaan, A. (2002). Teknologi Produksi Bioplastik. *Buku*, Jurusan Farmasi FMIPA Universitas Andalas, Padang.
- Gincel. (2014). Pengaruh sampah plastik dan abu sekam padi terhadap kuat geser tanah lempung lunak. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2 (4): 632-637
- Hadi, L. S. (2018). [Pemanfaatan limbah plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) untuk bahan tambahan pembuatan *Paving Block*]. *Artikel Ilmiah*, Mataram University, Mataram, Indonesia. 8 p.
- Hanafi, A., Ahmad, T., dan Pantjara, B. 1997. The utilization of coastal peat soil for fish culture as compenent of coastal resources management. *Torani*, 8: 63-71.

- Hambali. (2013). Uji daya menahan tekanan dan menahan air pada paving block dengan bahan kasir kasar, batu kacang, dan pasir halus. *Jurnal Ilmiah Teknik Industry Prima*, 1 (1).
- Handayasari, I. dan Artiani, G. P. (2019). Perbandingan daya menahan tekanan paving block ramah lingkungan berbasis bimbah botol plastik kemasan air mineral dengan limbah cangkang kerang dan limbah botol kaca sebagai bahan substitusi terhadap semen, construction and material. *Jurnal Biologi*, 1 (1): 21-27.
- Herawan, C. D. and Mahatmanti, F. W. (2015). Sintesis dan Karakteristik Edible Film dari Pati Kulit Pisang dengan Penambahan Lilin Lebah (Beeswax). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4 (2): 148-151.
- Indonesia, S. N. (1996). Bata beton (Paving block). *Badan Standardisasi Nasional, Bandung*
- Irvan, O. (2016). Analisa peleburan limbah plastik jenis polyethylene terphthalate (PET) menjadi biji plastik melalui pengujian alat pelebur plastik, *Jurnal Teknik Mesin*, 5 (23): 20-24.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2016). Statistik Perikanan Budi Daya Nasional 2016. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Kementerian Kelautan Perikanan Jakarta.
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Traksi*, 3 (2): 65.
- Murdiyoto, R. A. (2011). Pemanfaatan limbah botol plastik jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) untuk agregat kasar pembuatan paving block. Universitas Indonesia
- Mustafa, A. dan Pantjara, B. (2009). Karakteristik Lahan Budidaya tambak di Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan 2009; Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Perairan. Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Sekolah Tinggi Perikanan, Jakarta*, 44-53 pp.
- Noor, M. (2004). Lahan rawa. Sifat dan pengelolaan tanah bermasalah sulfat masam. *Buku*, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Pantjara, B. (2004). Pengaruh remediasi tanah sulfat masam dan aplikasi kapur terhadap respon benur windu *Penaeus monodon*. Prosiding Konferensi Nasional IV, Balikpapan, 14-17 September 2004. Pengelolaan Sumberdaya Perairan Umum, Pesisir Pulau-pulau kecil dan laut Indonesia. KONAS IV KALTIM. II: 1-18.
- Pantjara, B., Nessa, M.N., Monoarfa, W., dan Djawad, I. (2007). Dampak perbaikan pematang tambak tanah sulfat masam terhadap peningkatan produktifitas udang windu. *Jurnal Riset Akuakultur*, (2): 257-269.
- Pantjara, B., Rachmansyah, dan Mangampa, M. (2010). Study on tiger prawn (*P. monodon*) culture in acid sulfate soil pond. Masyarakat Akuakultur Indonesia, Universitas Diponegoro, Semarang., 1.251-1.259 pp.
- Purwati, A., As'ad, S., Sunarmasto. (2014). Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Daya menahan tekanan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80. *Matriks Teknik Sipil*, 2 (2): 58-63.
- Putra. (2018). Kajian Pengolahan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. *Jurnal Biologi*, 11 (2).
- Setyaningsih, R. 2010. Tinjauan Delaminasi Atau Retak Pada Repair Mortar Dengan Bahan Tambah. [*Skripsi*]. Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia.
- Setiadi A. 2015. Studi Pengelolaan Sampah Berbasis Komunitas pada Kawasan Permukiman Perkotaan di Yogyakarta. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 3 (1): 27-38.
- Sulistiyani., Priyambodo, E and Yogantari, L. (2015). Purifikasi silika dari pasir vulkanik gunung merapi sebagai bahan baku sel fotovoltaik. *Jurnal Sains Dasar*, 4 (2): 122-127.
- Wibowo Argo. (2017). Perbandingan Daya menahan tekanan Dan Serapan Air *Paving Block Hydraulic* Dengan Variasi Campuran Semen. [*Doctoral Dissertation*], Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia.

Hamka. *JASDev*. 2023, 1(1): 1-9

Widigdo, B., dan K. Praptokardiyo. (1996). Sistem Tambak Biocrete Penunjang Usaha Pertambakan Udang Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Dan Perikanan Indonesia*, IV (1): 93-104.

Widigdo, B., dan S. Hariyadi. (1992). Pemanfaatan Lahan Pasir Untuk Budidaya Udang Windu. Laporan Penelitian. Jakarta.