

METODE SEDERHANA PENENTUAN DIMENSI *GEOTEXTILE TUBE (GEOTUBE)* SEBAGAI STRUKTUR PELINDUNG PANTAI

Chairul Paotonan

Staf Pengajar Program Studi Teknik Kelautan, Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea - Makassar, 90245
Telp. 0411-585637, email: paotonan_ch@yahoo.com.

Abstrak

Beberapa tahun terakhir, material untuk bangunan pantai mulai sulit diperoleh dan relative mahal menyebabkan pergeseran penggunaan material konvensional ke material yang lebih murah dan mudah diperoleh seperti material geosintetik. Material geosintetik yang semakin meningkat penggunaannya akhir-akhir ini adalah geotextile tube (geotube). Permasalahannya, metode penentuan parameter teknis geotube belum tersedia pedoman bakunya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji metode penentuan dimensi geotube. Penelitian dimulai dari pengembangan teori, pembuatan model geotube dan pelaksanaan eksperimen. Parameter yang divariasikan adalah jenis dan faktor pengisian (fill factor, F_F) pasir pengisi. Pasir yang digunakan adalah pasir Patehan, Laboratorium dan Tanjung An. Sedangkan factor pengisian ditetapkan 1,0; 0,9; 0,8; 0,7 dan 0,6. Pengukuran tinggi dan lebar geotube dilaksanakan pada dua kondisi, yaitu kondisi kering dan kondisi terendam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang baik antara dimensi geotube dengan nilai F_F . Teori yang dikembangkan untuk menentukan dimensi geotube bersesuaian dengan data eksperimen untuk nilai F_F besar dari 0,8 (80%) dan pasir dengan gradasi yang baik. Persamaan 4 dan 5 dapat digunakan untuk menentukan dimensi geotube. Tinggi geotube di air lebih kecil dibandingkan di udara. Hasil yang diperoleh pada Persamaan 4 dan 5 harus ditambahkan 5% jika geotube terendam dalam air.

Kata Kunci

Geotube, struktur pantai, parameter teknis.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan dengan bentangan pantai lebih dari 81.000 km. Dengan bentangan pantai yang cukup besar tersebut, memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Permasalahannya, pantai di Indonesia banyak mengalami kerusakan, berupa erosi dan abrasi pantai. Salah satu solusi yang dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan membangun struktur bawah air. Struktur bawah air adalah struktur dengan elevasi puncak berada di bawah muka air. Struktur pantai dapat dibuat dari berbagai macam material, baik material alam, buatan atau kombinasi antar keduanya. Dalam beberapa tahun terakhir, kelangkaan material untuk bangunan-bangunan pantai, terutama material konvensional telah terjadi. Hal ini menyebabkan terjadinya pergeseran penggunaan material konvensional ke material yang lebih murah dan mudah diperoleh. Salah satu material yang menjadi pilihan saat ini adalah material geosintetik. Material geosintetik yang semakin meningkat penggunaannya akhir-akhir ini adalah *geobag* dan *geotextile tube (geotube)*. *Geobag* dan *geotube* dapat dibuat dari material geotekstil *woven* dan geotekstil *non woven*. *Geotube* merupakan salah satu bentuk aplikasi dari material geotekstil yang berbentuk seperti sebuah silinder panjang dengan berbagai ukuran panjang, lebar dan tinggi sesuai kebutuhan dan kondisi di lapangan. *Geotube* dapat diisi dengan material pengisi seperti pasir, kerikil dan mortar serta dapat diaplikasikan sebagai groin, pemecah gelombang lepas pantai, dan perkuatan tebing pantai.

Metode Sederhana Penentuan Dimensi *Geotextile Tube* (*Geotube*) sebagai Struktur Pelindung Pantai

Penggunaan material geosintetik untuk bangunan-bangunan pantai dan bangunan sipil lainnya memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah mudah diperoleh sesuai dengan ukuran yang dikehendaki karena tersedia di pasaran, relatif murah dari segi harga, ringan sehingga biaya transportasi ke lokasi pembangunan murah, dan mudah dalam pembangunan serta dapat menggunakan tenaga lokal sehingga tergolong teknologi berbasis komunitas (*community base technology*). Dengan keunggulan yang dimiliki oleh *geotube* tersebut, maka aplikasinya pun sudah mulai meningkat baik di luar maupun di dalam negeri. Sebagai contoh penggunaan *geotube* sebagai struktur pengaman pantai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1.

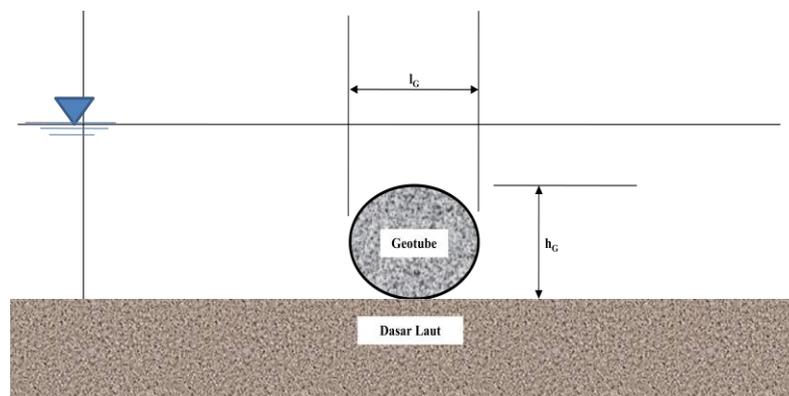
Geotube yang dibangun di (a). Pantai Lombang, Indramayu - Jawa Barat, dan (b). Pantai Yucatan - Mexico (Paotonan dkk, 2011).

Beberapa penelitian yang terkait dengan penggunaan material *geotube* sebagai struktur pantai diantaranya adalah Pilarczyk (1998, 2000) dan menyampaikan bahwa salah satu pertimbangan desain *geotube* adalah stabilitas *geotube*. Secara teoritik, stabilitas *geotube* tergantung pada kondisi hidrodinamika dan dimensi struktur. Jika dimensi struktur yang tersedia mampu untuk mengimbangi gaya pengganggu dari gelombang dan arus, maka *geotube* akan stabil, dan sebaliknya. Oleh sebab itu, Shin E.C dan Oh Y.I. (2007) melakukan kajian melalui pemodelan fisik di laboratorium untuk meneliti stabilitas dari *geotube*. Paotonan, dkk, 2011, mengkaji secara teoritis stabilitas *geotube* dari serangan gelombang laut sebagai struktur bawah air untuk melindungi pantai pasir buatan dan melaporkan bahwa, semakin besar ukuran *geotube*, stabilitasnya semakin baik. Disampaikan pula bahwa semakin kecil nilai perbandingan antara tinggi *geotube* dengan lebarnya (h_G/l_G), stabilitas *geotube* semakin baik. Paotonan, dkk (2011), juga telah melakukan kajian eksperimental tentang profil pantai di belakang *geotube* sebagai struktur bawah air untuk melindungi pantai pasir buatan. Paotonan, dkk melaporkan bahwa semakin tinggi struktur, semakin baik dalam melindungi pantai. Hal ini ditandai dengan semakin tinggi struktur, kemunduran garis pantai semakin kecil. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa secara fungsional ukuran *geotube* memegang peranan penting. Hasil dari Paotonan, dkk dapat dijadikan acuan awal penentuan ukuran *geotube* untuk kondisi gelombang yang diketahui. Namun, bagaimana cara membuat *geotube* sesuai dengan ukuran yang direkomendasikan berdasarkan desain teknis belum diketahui. Oleh sebab itu dipandang perlu untuk melakukan kajian tentang tata cara penentuan ukuran dari *geotube* tersebut.

Pada latar belakang telah disampaikan bahwa ukuran *geotube* memegang peranan penting dalam hal kinerja struktur tersebut. Sayangnya, dari beberapa penelitian terdahulu belum ada kajian tentang bagaimana cara penentuan ukuran *geotube* tersebut. Sebagai contoh, berdasarkan perencanaan yang didasarkan pada kondisi hidrodinamika pantai, diperoleh bahwa tinggi struktur dan lebar struktur yang baik adalah h_G dan l_G . Permasalahannya, bagaimana cara membuat *geotube* dengan ukuran tersebut sebab acuannya belum ada. Secara teoritis, tinggi dan lebar *geotube* yang terbentuk akan sangat tergantung pada jumlah sedimen pengisi. Apakah pengisiannya penuh (100%) atau kurang?. Pengisian 100% dan kurang dari itu, akan memberikan ukuran *geotube* yang berbeda pula. Selain itu, diameter pasir pengisi juga akan berpengaruh terhadap ukuran *geotube*. Hal lain yang juga akan berpengaruh adalah kondisi pengisian apakah terendam atau kering. Oleh sebab itu, sebagai masalah pokok dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh faktor pengisian *geotube* (*fill factor*, F_F), diameter pasir pengisi dan bagaimana kondisi pengisian terhadap ukuran *geotube*. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh faktor pengisian (*fill factor*, F_F), diameter pasir pengisi dan kondisi pengisian terhadap ukuran *geotube*. Manfaat yang diperoleh adalah hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan awal dalam menentukan ukuran *geotube*.

Dimensi Geotube

Geotube sebagai struktur pantai, dapat digunakan sebagai pemecah gelombang, groin, maupun sebagai perkuatan tebing pantai. *Geotube* dapat didesain dengan elevasi puncak berada di bawah muka air dan muncul ke permukaan. Apabila *geotube* digunakan sebagai pemecah gelombang atau groin, maka ukuran atau dimensinya harus ditetapkan dengan pertimbangan bahwa *geotube* mampu untuk menahan gaya gelombang dan arus. Salah satu parameter teknis *geotube* yang sangat penting adalah perbandingan antara tinggi *geotube* dan lebar *geotube* (h_G/l_G), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2.
Parameter teknis *geotube*.

Perbandingan antara tinggi *geotube* dengan lebar *geotube* dipengaruhi oleh factor pengisian (*fill factor*, F_F) pada saat pengisian *geotube*. Jika faktor pengisian sempurna atau 100%, maka *geotube* yang terbentuk akan berbentuk lingkaran sehingga nilai h_G dan l_G adalah sama. Jika factor pengisian dikurangi, misalnya 90% dari volume total, maka nilai h_G akan turun, namun nilai l_G naik. Factor lain yang berpengaruh terhadap nilai h_G dan l_G adalah kondisi *geotube*, apakah *geotube* terendam atau kering. *Geotube* yang diisi pasir

Metode Sederhana Penentuan Dimensi *Geotextile Tube* (*Geotube*) sebagai Struktur Pelindung Pantai

pada kondisi kering dan basah akan memberikan parameter teknis yang berbeda. Selain kedua variable tersebut, diameter pasir juga akan berpengaruh terhadap nilai h_G dan l_G . Namun demikian, pengaruh dari masing-masing variable tersebut terhadap nilai h_G dan l_G belum diketahui. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan pengujian di laboratorium untuk meneliti pengaruh ketiga variable tersebut terhadap nilai h_G dan l_G .

Solusi Analitis Penentuan Dimensi *Geotube*

Geotube adalah struktur yang berbentuk seperti tabung atau silinder yang terbuat dari material geosintetik (geotextile), baik *woven* maupun *non woven*. *Geotube* berbentuk silinder dengan luas potongan melintangnya adalah lingkaran. Jika diameter *geotube* pada saat terisi penuh ($F_F = 100\%$), maka luas dan keliling potongan melintang *geotube* (A_G dan K_G) masing-masing dirumuskan:

$$A_G = \frac{\pi d^2}{4} \quad (1)$$

$$K_G = \pi d \quad (2)$$

Dengan demikian, pada saat *geotube* diisi penuh ($F_F = 100\%$), maka akan diperoleh ukuran struktur h_G dan l_G adalah sama, yaitu d ($h_G = l_G = d$, untuk $F_F = 100\%$). Sementara itu, pada saat *geotube* tidak terisi atau kosong (nilai $F_F = 0$), maka diperoleh:

$$h_G = 0 \text{ dan } l_G = \frac{\pi d}{2} \text{ (setengah dari keliling geotube)} \quad (3)$$

Dari batasan di atas, maka tinggi dan lebar *geotube* masing-masing dapat dirumuskan seperti berikut:

$$h_G = F_F \cdot d \quad (4)$$

dan

$$l_G = \frac{\pi d}{2} e^{\beta \cdot F_F} \quad (5)$$

Dengan β adalah suatu konstanta yang harus ditentukan secara selisih kuadrat terkecil. Perlu diketahui bahwa formula di atas, berlaku untuk pasir dengan gradasi yang cukup baik, sehingga porositasnya sangat kecil. Apabila porositas besar, kemungkinan besar formula di atas berbeda.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrologi dan Hidraulika Pusat Studi Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada. Penelitian dimulai dari pembuatan model *geotube*. Setelah model *geotube* tersedia, selanjutnya *geotube* diisi pasir. Jumlah variasi pasir yang digunakan adalah 3 variasi, yaitu pasir Patehan dengan diameter rerata, $D_{50} = 0,334$ mm, pasir Tanjung An dengan diameter rerata, $D_{50} = 1,61$ mm, serta pasir Laboratorium dengan diameter rerata $D_{50} = 0,72$ mm. Dari masing-masing jenis pasir tersebut, diisikan ke dalam

geotubbe dengan factor pengisian (*fill factor*, F_F), masing-masing 100%, 90%, 80%, 70% dan 60%. Adapun pengisian *geotube* dan penimbangan berat pasir pengisi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3.
(a). Pengukuran berat pasir pengisi, (b). Pengisian pasir ke dalam *geotube*.

Setiap variasi *fill factor* untuk masing-masing jenis pasir, tinggi h_G dan lebar l_G dari *geotube* diukur. Pada nilai $F_F = 90\%$, pengukuran tinggi dan lebar *geotube* dilaksanakan pada dua kondisi, yaitu kondisi kering dan kondisi terendam. Pengukuran tinggi dan lebar *geotube* dapat dilihat pada Gambar 4.

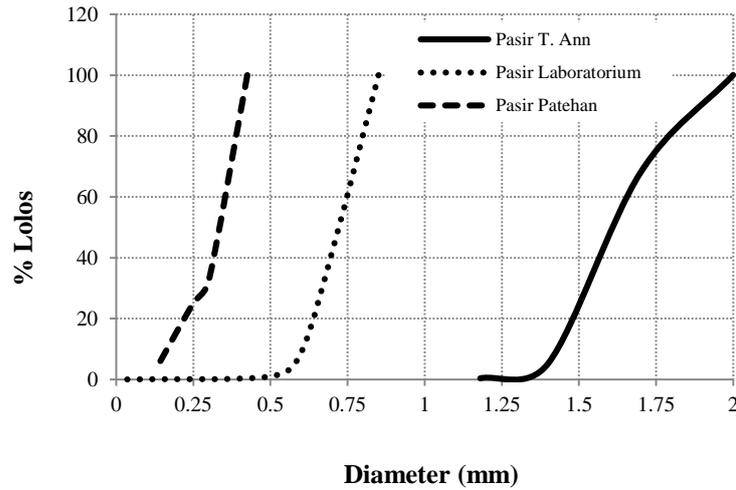


Gambar 4.
(a). Pengukuran dimensi struktur di udara, (b). Pengukuran dimensi struktur terendam.

HASIL DAN BAHASAN

Telah dijelaskan pada metode penelitian bahwa pasir pengisi *geotube* yang digunakan terdiri dari tiga jenis pasir, yaitu pasir pantai Patehan, Daerah Istimewa Yogyakarta, pasir Pantai Tanjung Ann Lombok, Nusa Tenggara Barat dan jenis yang ketiga adalah pasir laboratorium yang berasal dari Inggris. Berdasarkan hasil pengujian masing-masing jenis pasir di laboratorium, diperoleh distribusi ukuran butirannya seperti pada Gambar 5.

**Metode Sederhana Penentuan Dimensi *Geotextile Tube (Geotube)*
sebagai Struktur Pelindung Pantai**

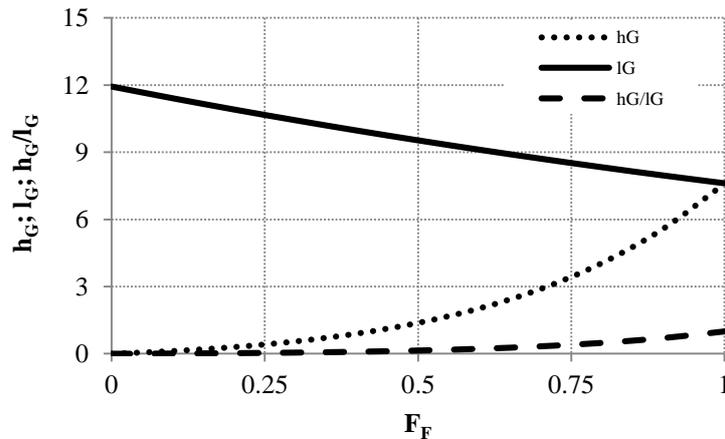


Gambar 5.
Distribusi ukuran pasir Pantai Patehan.

Gambar 5, memperlihatkan bahwa diameter rerata pasir Pantai Patehan, Daerah Istimewa Yogyakarta adalah $D_{50} = 0,334$ mm. Untuk pasir pantai Tanjung Ann, Lombok, Nusa Tenggara Barat diperoleh diameter rerata adalah $D_{50} = 1,61$ mm. Sedangkan untuk pasir Laboratorium, diameter reratanya adalah 0,71 mm. Dengan demikian, diperoleh bahwa pasir Tanjung Ann lebih kasar dibanding pasir Laboratorium dan Pasir Patehan. Pasir yang paling halus adalah pasir Patehan.

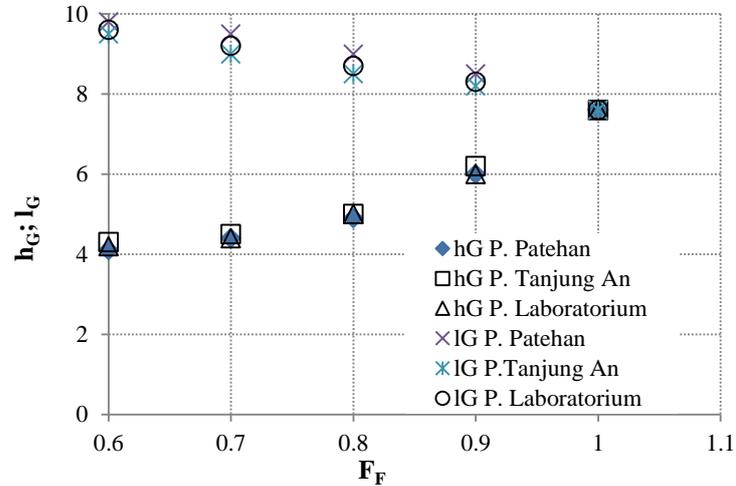
Berdasarkan Persamaan 4 dan 5, maka secara teoritis nilai dari h_G , l_G dan h_G/l_G sebagai fungsi F_F dapat dihitung dan hasilnya disajikan dalam Gambar 6. Sebagai catatan, setelah Persamaan 5 dievaluasi dengan beberapa kondisi batas yang telah ditetapkan sebelumnya, diperoleh nilai β yang sesuai adalah 0,45. Dengan demikian Persamaan 5 dapat ditulis:

$$l_G = \frac{\pi d}{2} e^{0,45.F_F} \tag{5}$$

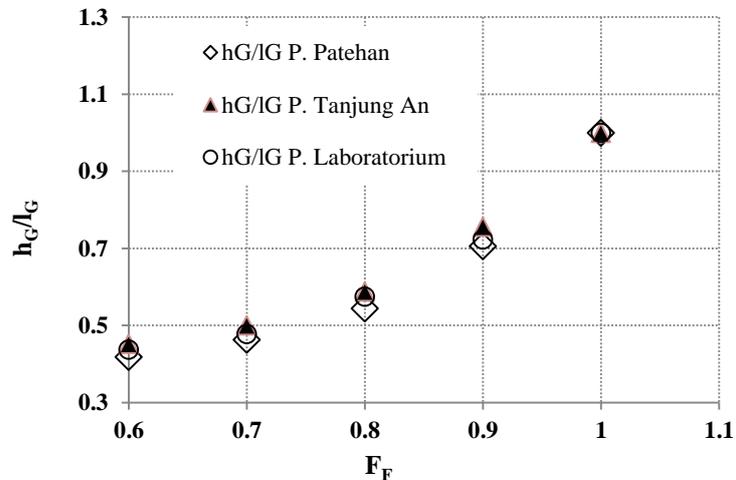


Gambar 6.
Hubungan antara h_G , l_G , dan h_G/l_G dengan nilai F_F secara teoritis.

Berdasarkan data pengukuran nilai h_G dan l_G pada beberapa nilai F_F , diperoleh grafik hubungan antara F_F dengan h_G , l_G , dan disajikan pada Gambar 10. Hubungan antara nilai data F_F dengan h_G/l_G , disajikan pada Gambar 7.



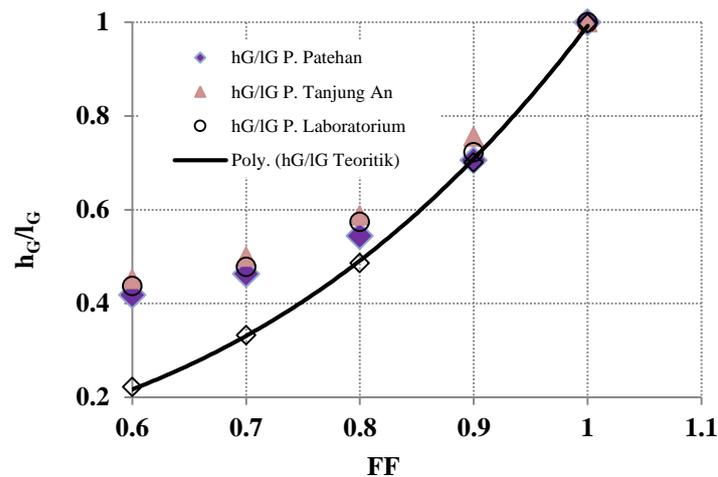
Gambar 7.
 Hubungan antara nilai data F_F dengan h_G dan l_G untuk semua jenis pasir.



Gambar 8.
 Hubungan antara nilai data F_F dengan h_G/l_G untuk semua jenis pasir.

Jika grafik hubungan antara nilai F_F dan nilai h_G/l_G yang diperoleh secara teoritis, disatukan dalam grafik yang sama dengan hubungan antara nilai F_F dan h_G/l_G yang diperoleh berdasarkan data eksperimen, maka diperoleh suatu perbandingan antara hasil teoritik dan eksperimental seperti yang perlihatkan pada Gambar 9.

Metode Sederhana Penentuan Dimensi *Geotextile Tube* (*Geotube*) sebagai Struktur Pelindung Pantai



Gambar 9.

Perbandingan hasil teoritis dengan eksperimental hubungan antara nilai F_F dengan h_G/l_G .

Dari Gambar 7 diperoleh bahwa perbedaan nilai h_G dan l_G antara jenis pasir yang satu dengan jenis pasir yang lain cenderung sangat kecil atau tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh karena jenis pasir yang digunakan didasarkan pada diameter rerata, bukan gradasi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5, yang memperlihatkan bentuk distribusi sedimen yang hampir sama untuk semua jenis pasir. Perbedaannya hanya terletak pada besar butiran pasir. Bentuk distribusi pasir yang relatif sama akan memberikan porositas pasir yang sama, sehingga sifat saling mengisi antar butiran akan sama pula. Oleh karena perbedaan nilai h_G dan l_G untuk masing-masing jenis pasir sangat kecil, maka perbedaan nilai h_G/l_G masing-masing pasir pun menjadi sangat kecil (Gambar 8).

Sementara itu, Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai h_G/l_G untuk nilai F_F tetap secara teoritis dan eksperimen laboratorium cukup dekat pada rentang nilai F_F 0,8 sampai 1,0 (pengisian 80-100%). Sementara itu, untuk nilai F_F lebih kecil dari 0,8 kecenderungan penyimpangan nilai h_G/l_G untuk data menyimpang dari teoritisnya cukup besar. Berdasarkan Gambar 9, diperoleh bahwa pasir dengan nilai h_G/l_G secara teoritis yang paling mendekati nilai h_G/l_G berdasarkan data eksperimen adalah nilai h_G/l_G pasir Patehan. Hal ini dikarenakan pasir Patehan gradasinya sedikit lebih baik dibandingkan dengan dua jenis pasir lainnya. Oleh sebab itu dari hasil penelitian ini dapat disarikan bahwa agar dalam penentuan dimensi *geotube* yang diwakili oleh nilai h_G/l_G tidak terlalu jauh menyimpang dari teoritisnya maka sebaiknya menggunakan pasir dengan gradasi yang baik (*well gradation*).

Pada metode penelitian, disampaikan bahwa pengukuran dimensi *geotube*, dilakukan pada dua kondisi, yaitu pada kondisi kering dan kondisi terendam (basa). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perendaman *geotube* terhadap dimensi *geotube* pada nilai faktor pengisian konstan. Berdasarkan hasil pengukuran dimensi *geotube* pada factor pengisian $F_F = 0,9$, hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.

Perbandingan dimensi *geotube* pada saat di udara dan terendam dalam air untuk nilai $F_F = 0,9$.

| Pasir | Kondisi | | | Terendam | | | %Δh |
|---------|---------|-------|-----------|----------|-------|-----------|----------|
| | h_G | l_G | h_G/l_G | h_G | l_G | h_G/l_G | |
| Patehan | 5.90 | 8.60 | 0.69 | 5.70 | 8.70 | 0.66 | 0.045003 |
| Inggris | 6.10 | 8.40 | 0.73 | 5.80 | 8.50 | 0.68 | 0.060366 |
| T.Ann | 6.20 | 8.30 | 0.75 | 5.90 | 8.30 | 0.71 | 0.048387 |

Tabel 1 memperlihatkan bahwa terjadi perubahan nilai h_G/l_G pada saat pengukuran di udara dan di dalam air. Dari ketiga jenis pasir, memperlihatkan bahwa tinggi *geotube* di udara lebih besar dibandingkan tinggi *geotube* pada saat terendam. Hal ini dikarenakan pada saat pasir terendam, berat per butiran meningkat, sehingga *geotube* mengalami penyusutan tingginya. Dengan demikian, dalam penentuan dimensi *geotube* harus memperhitungkan kemungkinan pengurangan tingginya pada saat *geotube* telah terendam. Berdasarkan Tabel 1, diperoleh bahwa rata-rata penyusutan tinggi struktur sekitar 5% dari tinggi struktur pada saat di udara. Oleh sebab itu, jika menggunakan Persamaan (4) dan (5), maka hasilnya harus dikurangi 5%.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal. Faktor pengisian berpengaruh signifikan terhadap dimensi *geotube* yang terbentuk, yang representasikan oleh nilai h_G/l_G . Semakin besar nilai F_F , semakin besar nilai h_G/l_G . Dalam penelitian ini, karakteristik sedimen tidak signifikan pengaruhnya, sebab gradasi pasir pengisi yang digunakan cenderung sama antara satu jenis pasir dengan pasir lainnya. Teori yang dikembangkan, yaitu Persamaan 4 dan 5, dapat digunakan untuk memprediksi dimensi *geotube*. Berdasarkan hasil penelitian, Persamaan 4 dan 5 akan mendekati hasil eksperimen untuk nilai fill factor, F_F lebih kecil dari 0,8 (8%) dan gradasi pasir pengisi yang baik. Jika *geotube* terendam dalam air, maka hasil yang diperoleh pada Persamaan 4 dan 5 harus ditambahkan 5% dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan Persamaan tersebut.

Ucapan Terimakasih

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada DIKTI atas bantuan biaya penelitian yang diberikan dan kepada Universitas Gadjah Mada atas fasilitas laboratorium untuk melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSATAKA

- Paotonan C, Yuwono N, Triatmadja R and Triatmodjo B, (2011), *Theoretical Approach of Geotextile Tube Stability as a Submerged Coastal Structure*,: Proceedings of International Conference on Water Related Risk Management, Jakarta, Indonesia, pp. 191–198.
- Paotonan C, Yuwono N, Triatmadja R and Triatmodjo B, (2011), *Two Dimensional Physical Modeling of Sediment Loss Through a Submerged Coastal Structure*,:

**Metode Sederhana Penentuan Dimensi *Geotextile Tube* (*Geotube*)
sebagai Struktur Pelindung Pantai**

Proceedings of International Conference on Water Related Risk Management, Jakarta, Indonesia, pp. 199–206.

Paotonan C, Yuwono N, dan Triatmadja R (2010), *Aplikasi Pemecah Gelombang Bawah Air untuk Melindungi Daerah Pantai dari Abrasi dan Erosi Gelombang Laut*; Prosiding Seminar Nasional Teknik Sumber Daya Air, Bandung

Pilarczyk, K.W., (1998). *Stability Criteria for Geosystems an Overview*. In: Proceedings of the *Sixth* International Conference on Geosynthetics, Atlanta, USA, vol. 2. pp. 1165–1172.

Pilarczyk, K.W., (2000). *Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*. A.A. Balkema, Rotterdam.

Shin E.C and Oh Y.I, (2007), *Coastal Erosion Prevention by Geotextile Tube Technology*, *Geotextiles and Geomembranes*, vol. 25, pp264-277.