

# PERANCANGAN BANGUNAN APUNG DAN KERAMBA DENGAN SISTEM MODULAR PONTON BERBAHAN FEROSEMEN

Febriana Dian Krismawati, Ahmad Fauzan Zakki, Parlindungan Manik<sup>1)</sup>  
S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia  
Email: [ahmadfzakki@undip.ac.id](mailto:ahmadfzakki@undip.ac.id) , [parlin1974@yahoo.com](mailto:parlin1974@yahoo.com) , [febrianadian93@yahoo.com](mailto:febrianadian93@yahoo.com)

## Abstrak

Permasalahan pembudidayaan ikan di Indonesia adalah kurangnya fasilitas dan bahan yang digunakan dalam pembuatan keramba, sehingga keramba yang ada tidak memiliki umur yang panjang, serta mengalami kegagalan hasil, karena turunnya kualitas air. Sudah dikembangkan model keramba apung dari plastik, akan tetapi biayanya sangat mahal. Maka dari itu akan dilakukan penelitian perancangan keramba apung dari modular ponton berbahan ferosemen, selain lebih menghemat biaya juga akan dirancang sekaligus bangunan di atasnya sebagai pelengkap fasilitas dan bisa digunakan menjadi objek wisata. Dirancanglah bangunan apung dari modular ponton berukuran 1mx1mx1m dan dikaitkan antar ponton sehingga terbentuk bangunan – bangunan di atasnya, antara lain gudang pakan, tempat jaga dan monitoring, tempat pengolahan dan panen ikan, serta rumah makan. Jadi total ponton yang dibutuhkan ada 372 unit. Dari hasil analisa olah gerak yang dilakukan bangunan apung ini masih memenuhi standar jadi masih stabil dan aman. Variasi pembebanan yang diperhitungkan juga masih bisa ditanggung dari struktur ponton. Akan tetapi pemanfaatan sebagai objek wisata juga pasti akan memberi keuntungan yang besar. Pengalokasian bangunan ini ditempatkan di Rawa Jombor, Klaten, Jawa Tengah, dimana sudah banyak warung makan apung disana, sehingga akses untuk menikmati fasilitas-fasilitas dari bangunan ini bisa menjadi lebih mudah.

Kata kunci: Bangunan apung , Keramba Ikan, Modular Ponton, Ferosemen, Rawa Jombor

## Abstract

*Fish farms in Indonesia's problems was the lack of facilities and materials used in the manufacture of keramba, so that keramba is not having a long age, and a failure result, due to the decline in water quality. Already developed keramba model plastic floating, but it costs very expensive. Thus it will be done the research design of modular floating pontoon keramba made ferosemen, in addition to further save costs will also be designed at the same time building upon it as a complement of real time and could be used as a tourist attraction. So, will build out the building of modular floating pontoon 1mx1mx1m sized and linked pontoon that formed between the building of it, building among other guard spot, feed warehouses and monitoring, where the processing and harvesting of fish, as well as restaurants. So the total pontoons needed there are 372 units. From the results of the analysis of sports movement of the floating buildings do this still meets the standards so it is still stable and safe.*

*Keywords: Building buoyancy, Fish Cages, Modular Pontoon, Ferosemen, Jombor Swamp*

## 1 PENDAHULUAN

Pemenuhan kebutuhan protein hewani dapat di peroleh dari hewan/ternak di daratan maupun protein hewani yang berasal dari perairan. Selama ini, pemenuhan kebutuhan terhadap protein asal ikan berasal dari usaha penangkapan di alam, tetapi penangkapan yang dilakukan secara terus menerus akan berdampak terhadap terancamnya kelestarian sumberdaya ikan. Salah satu upaya alternatif yang dapat dilakukan untuk menekan upaya penangkapan dan memenuhi kebutuhan protein asal ikan adalah melalui upaya budidaya. Budidaya dengan sistem keramba jaring apung tersebut mulai dikembangkan di perairan pesisir dan perairan danau. Beberapa keunggulan ekonomis usaha budidaya ikan dalam keramba yaitu, [1]:

- a. Menambah efisiensi penggunaan sumberdaya
- b. Prinsip kerja usaha keramba dengan melakukan pengurangan pada suatu badan perairan dan memberi makan dapat meningkatkan produksi ikan
- c. Memberikan pendapatan yang lebih teratur kepada nelayan dibandingkan dengan hanya bergantung pada usaha penangkapan.

Permasalahan penggunaan keramba jaring apung tradisional adalah masa pakai yang relatif pendek. Keramba apung yang terbuat dari kayu memiliki sifat cepat lapuk, sedangkan drum-drum yang digunakan sebagai alat apung juga cepat berkarat karena terendam lama di air. Kegagalan yang lain dari sistem keramba tradisional adalah tidak dilengkapi dengan sistem monitor dan pengelolaan air yang digunakan untuk menjaga kualitas air keramba, sehingga secara mendadak ikan langsung mati dan tidak sempat dilakukan tindakan

Beberapa solusi terhadap masalah pendeknya usia keramba tradisional, telah dikembangkan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) berupa keramba apung plastik. Namun solusi yang ditawarkan pada keramba apung plastik masih terbentur masalah harga dan ketersediaan bahan baku di pelosok desa. Besaran harga tiap unit keramba yang berukuran kecil mulai dari Rp. 15.000.000,- sampai dengan Rp. 50.000.000,00 untuk 1 unit dengan jumlah 4 petak, ukuran 3 m x 3 m tiap petak, [2]. Mahalnya harga

dan sulitnya ketersediaan bahan baku plastik memotivasi tim peneliti untuk melakukan pengembangan material alternatif sebagai bahan baku konstruksi keramba jaring apung.

Ponton moduler berbahan baku ferosemen (Paving Terapung) sebagai alat apung multiguna telah diteliti dalam penelitian Wijiantoro, U., [3]. Keunggulan ponton moduler berbahan baku ferosemen (Paving Terapung) ini adalah bahan baku mudah didapat dan harganya lebih murah bila dibandingkan dengan bahan plastik. Selain itu bahan ferosemen juga memiliki daya tahan sangat lama meskipun terendam air dalam waktu lama. Degradasi kualitas bahan akibat sinar matahari yang menjadi kelemahan plastik juga tidak berpengaruh terhadap ferosemen. Berdasarkan hal tersebut, perlu dikembangkan teknologi keramba modern dengan menggunakan paving terapung. Keramba jaring apung modern yang diusulkan juga dilengkapi dengan fasilitas dan sistem pendukung aktivitas budidaya ikan. Beberapa sistem yang dibutuhkan dalam aktifitas budidaya ikan adalah sistem pengelolaan air dalam keramba, sistem kelistrikan dan sistem monitoring komoditas produk.

Kelemahan keramba tradisional yang berbahan baku bambu dan keramba modern berbahan plastik merupakan motivasi utama dalam penerapan paving terapung sebagai komponen apung keramba modern.

Berdasarkan latar belakang dan kondisi budidaya keramba apung yang sudah ada, maka perumusan masalah dalam “Rancang Bangun Desain Prototipe Keramba Modern dengan Menggunakan Paving Terapung di Jawa Tengah”, meliputi:

- a. Penentuan desain keramba apung modern yang sesuai dengan karakteristik keramba yang sehat, murah dan ramah lingkungan.
- b. Penentuan ukuran utama / dimensi paving terapung yang digunakan sebagai fasilitas apung pada keramba apung modern.
- c. Penentuan karakteristik stabilitas, dan olah gerak keramba apung apung yang diusulkan.
- d. Penentuan kekuatan struktur dari keramba, beban maksimal yang dapat ditanggung keramba apung

Tujuan utama penelitian ini diharapkan mampu memberikan dan menghasilkan desain

alternatif keramba jaring apung (KJA) modern yang murah, efisien, tahan lama dan ramah lingkungan dengan menggunakan paving terapung, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi budidaya ikan dalam keramba. Pencapaian tujuan utama dilakukan melalui beberapa tahapan pencapaian tujuan khusus yang merupakan solusi dan target luaran penelitian[4]. Adapun tujuan khusus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan desain model prototipe keramba apung modern yang sesuai dengan karakteristik keramba yang sehat, murah dan ramah lingkungan
- b. Mendapatkan ukuran utama / dimensi paving terapung yang digunakan sebagai fasilitas apung pada keramba apung modern.
- c. Melakukan analisis numerik untuk mendapatkan karakteristik stabilitas, dan olah gerak keramba apung yang diusulkan
- d. Melakukan analisis kekuatan struktur dari keramba, beban maksimal yang dapat ditanggung keramba apung.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Desain Keramba

Perancangan keramba harus mempertimbangkan beberapa faktor yang meliputi: faktor teknik, biaya, karakteristik spesies yang akan dibudidayakan dan petani yang menjalankan sistem keramba. Struktur keramba harus mampu menahan beban angin, beban gelombang pada saat beroperasi memelihara ikan dalam jaring apung. Desain yang direncanakan perlu memperhatikan kebutuhan ikan dengan mempertimbangkan kondisi ruang hidup yang dipengaruhi letak lokasi yang digunakan dan pengaruh kualitas lingkungan didalam keramba. Namun dari sudut pandang petani, keramba haruslah aman, selamat dan mudah dioperasikan. Semua ini harus tercapai dengan biaya yang efektif.

Perkembangan teknologi keramba sering sekali mengabaikan pengaruh ukuran atau bentuk keramba pada produksi ikan. Terbatasnya riset tentang interaksi antara gaya-gaya luar dari lingkungan terhadap struktur keramba, dapat diartikan bahwa perkembangan desain keramba berevolusi secara empiris. Hingga saat ini, desain keramba tradisional ataupun yang lainnya lebih

memfokuskan pada jenis material yang digunakan, ekonomi produksi serta ketersediaan ketrampilan, daripada faktor kebutuhan ikan atau kondisi lingkungan dimana keramba akan diletakkan.

### 1.1 Manfaat Tugas Akhir

Perancangan keramba apung menggunakan modular floating ponton berbahan ferosemen ini dapat diaplikasikan karena memiliki banyak manfaat bukan hanya ramah lingkungan, tetapi juga lebih murah, serta dilengkapi fasilitas yang modern bisa menjadikan bangunan ini menjadi tempat wisata yang akan di lokasikan di Rawa Jombor.

### 2.2 Teknologi Modular Floating Ponton dan Paving Terapung

Ponton adalah struktur berongga dan kedap udara ataupun kedap air, terisinya rongga ponton dengan udara maka ponton akan memiliki daya apung (buoyancy) di atas permukaan air. Tujuan ruangan rongga dalam ponton biasanya adalah untuk memberikan gaya apung bukan sebagai tempat penyimpanan. Struktur ponton sering digunakan dalam industri perkapalan dan industri maritim sebagai alat apung multiguna dalam mendukung aktivitas bisnis di atas permukaan air, seperti: *floating crane*, dok apung dan sebagainya. Beberapa ponton juga diaplikasikan sebagai alat angkat dalam air, dengan cara menenggelamkan ponton kedalam laut, dan diposisikan dibawah objek yang akan diangkat kemudian udara dipompakan kedalam rongga ponton sehingga ponton akan memiliki daya apung untuk mengangkat objek tersebut. Ponton juga digunakan dalam bentuk modul-modul yang dirangkai yang dikenal sebagai *modular pontoon*. Aplikasi *modular pontoon* salah satunya adalah *pontoon bridge* dan *floating pier*.

### 2.3 Studi dan Berbagai Penelitian Yang Sudah Dicapai

Studi sebelumnya difokuskan pada pengembangan teknologi *modular floating pontoon system* berbahan baku fiberglass. Penentuan ukuran utama ponton moduler dan evaluasi terhadap karakteristik hidrostatis, stabilitas, hambatan dan olah gerak ponton moduler fiberglass telah dilakukan. Selanjutnya penerapan desain ponton moduler fiberglass

sebagai alat evakuasi bencana banjir. Kajian tentang pengembangan ponton moduler *ferrocement* (paving terapung) juga telah dilakukan. Penentuan dimensi /ukuran utama ponton, desain sambungan antar ponton dan evaluasi karakteristik hidrostatis, stabilitas, hambatan dan olahgerak ponton moduler dievaluasi untuk pondasi rumah terapung.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

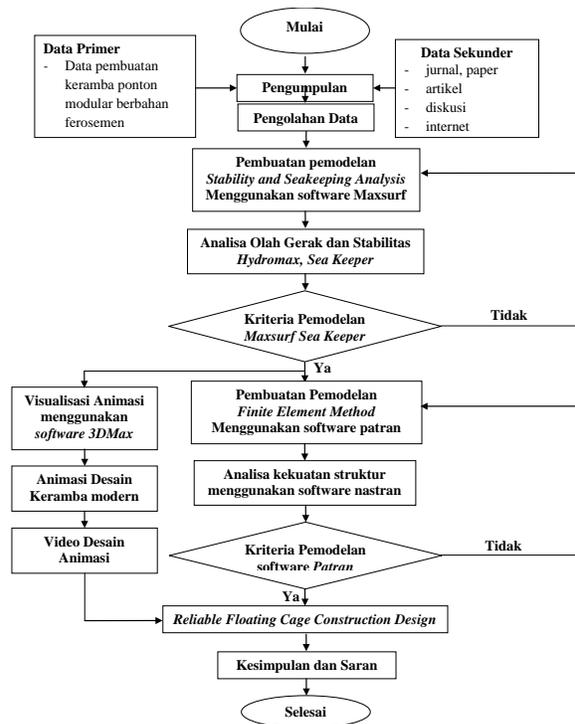
Pada tahapan awal dilakukan pengembangan desain dan ukuran utama dimensi paving terapung. Desain paving terapung kemudian digunakan untuk perancangan keramba apung modern. Hasil rancangan desain keramba apung modern kemudian dituangkan ke dalam model geometri numerik untuk dikaji dengan menggunakan analisis numerik. Simulasi numerik dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hidrostatis, stabilitas, olah gerak dari desain keramba apung yang diusulkan. Berdasarkan karakteristik-karakteristik tersebut dapat ditentukan performa keramba apung yang diusulkan pada saat digunakan untuk aktivitas budidaya ikan.

Selanjutnya perancangan sistem pendukung aktivitas budidaya dikembangkan. Sistem pengelolaan kualitas air didesain disesuaikan dengan kondisi perairan lokasi perairan budidaya keramba. Sistem sirkulasi dan baku mutu air yang sesuai dengan jenis ikan diharapkan dapat meningkatkan kualitas hasil panen. Selain sistem pengelolaan air, juga dikembangkan sistem monitoring dan sistem kelistrikan sebagai suplai energi listrik pada keramba jaring apung.

Jadi langkah-langkah dalam melakukan penelitian ini adalah :

1. Mendesain keramba jaring apung menggunakan sistem modular ponton berbahan ferosemen.
2. Menganalisa stabilitas dan olah gerak serta kekuatan struktur.
3. Menampilkan detail dari konstruksi perancangan keramba serta dilengkapi fasilitas-fasilitas lain yang dapat berfungsi pula sebagai objek wisata.

Menampilkan kajian ekonomis dari perancangan keramba. Metode yang digunakan pada penelitian ini terangkum secara sistematis dalam diagram alir di bawah ini :

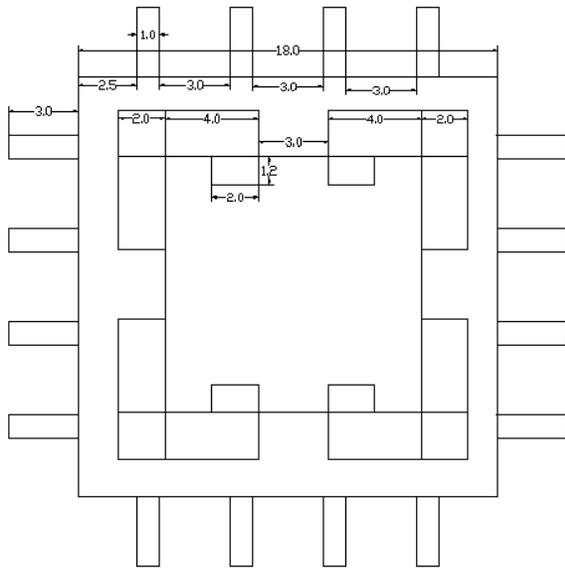


### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Perancangan Konstruksi

Ukuran ponton utama yang direncanakan:

- Panjang = 18,00 meter
- Lebar = 18,00 meter
- Tinggi = 1,00 meter
- Berat jenis = 1850 kg/m<sup>3</sup>
- Tebal 2 cm (atas dan sisi) dan 4 cm (alas)
- Volume ponton = 1 m<sup>3</sup>
- Vol ruang kosong = 0,8666 m<sup>3</sup>
- Volume beton = 0,133 m<sup>3</sup>.
- Berat ferosemen = 247,3376 kg.
- Berat komponen = 32,15 kg
- Berat ponton total = 279,49 kg
- Massa jenis = 279,49 kg/m<sup>3</sup>
- Sarat kosong = 0,28 meter
- Displacement = Δ = 0,28 m<sup>3</sup>
- Vol. Muatan = 0,72 m<sup>3</sup>
- T<sub>maks</sub> = 0,72 m.
- Beban<sub>maks</sub> = 720 kg / 1 ponton
- Beban<sub>maks</sub> total = 267.840 kg



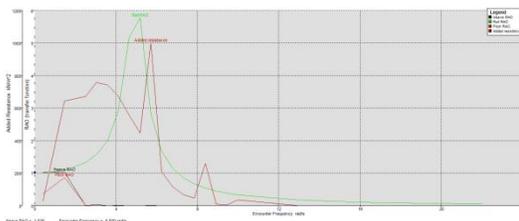
Gambar 1 Dimensi Ponton

Ukuran ponton ini dipilih karena pertimbangan saat pembangunan sistem bangunan keramba supaya lebih praktis / tidak terlalu berat saat pembuatan, sehingga dapat lebih mengestimasi biaya.

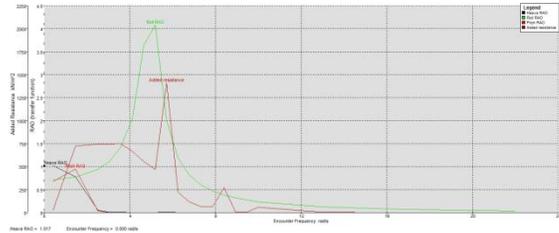
#### 4.2. Analisa Olah Gerak

Data yang akan dianalisa adalah ponton berukuran 18 m x 18 m x 1 m dengan  $T_0 = 0,28$  m dan untuk tinggi gelombang digunakan tinggi 0,75 m (asumsi tinggi gelombang maksimal).

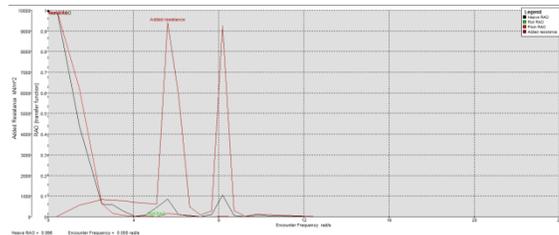
Kondisi yang akan dianalisa adalah saat ponton masih kosong dan belum diberi beban lain dengan sudut datang gelombang yang akan dianalisa adalah  $90^\circ, 135^\circ$ , dan  $180^\circ$ , karena sudut-sudut ini sudah mewakili sudut gelombang lain/sebagai sampel sudut datang gelombang.



Gambar 2 Grafik Analisa sudut gelombang  $90^\circ$



Gambar 3 Grafik Analisa sudut gelombang  $135^\circ$



Gambar 4 Grafik Analisa sudut gelombang  $180^\circ$

#### 4.3. Perhitungan Berat LWT dan DWT

##### 4.3.1. Ponton + Konstruksi Bangunan (LWT)

- Berat ponton total = 103.971 kg
- Berat Konstruksi = 134.637 kg
- LWT total = 238.643,80 kg



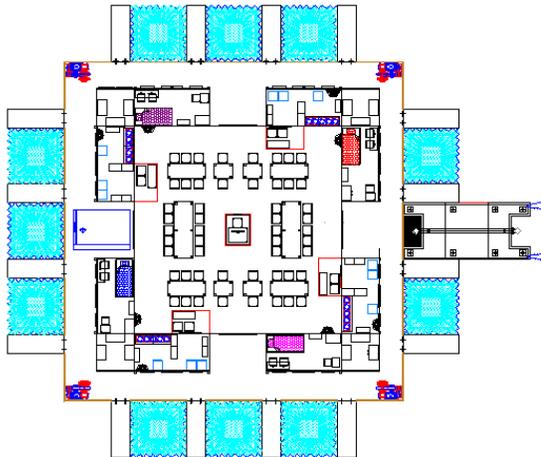
Gambar 5 Model Ponton Apung beserta Konstruksi

##### 4.3.2. LWT + DWT (peralatan dan perlengkapan) kondisi 0%

Saat kondisi 0% diasumsikan bahwa bangunan keramba apung dari modular ponton memiliki bangunan tetap / beban mati (variabel tetap) dengan pembebanan

konstruksi serta semua peralatan dan perlengkapan yang didalamnya (perlengkapan dan peralatan disesuaikan dengan RU) yaitu sebagai berikut :

Tabel 1 Pembebanan konstruksi serta



Gambar 6 Rencana Umum Bangunan

#### 4.3.3. Skenario Kondisi (25%, 50%, 75%, 100%)

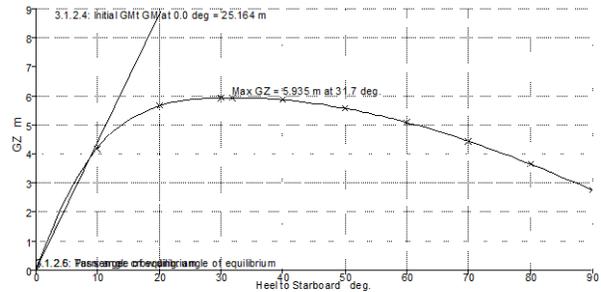
Dari beban mati/variabel tetap dapat ditambahkan variasi pembebanan dari variabel-variabel bebas mulai dari kondisi 25% sampai 100% kondisi maksimal yaitu dengan berat muatan tidak boleh lebih dari perhitungan berat maksimal yaitu 720 kg untuk tiap satuan ponton atau 267.840 kg untuk keseluruhan model.

Pada saat kondisi 25% penambahan beban di berikan sebesar 1.023,8 kg dengan jumlah orang yang ada sebanyak 11 orang. Pada saat kondisi 50% penambahan beban di berikan sebesar 2.023,5 kg dengan jumlah orang yang ada sebanyak 17 orang. Pada saat kondisi 75% penambahan beban di berikan sebesar 3.086,3 kg dengan jumlah orang yang ada sebanyak 26 orang. Pada saat kondisi 100% penambahan beban di berikan sebesar 3.840 kg dengan jumlah orang yang ada sebanyak 31 orang.

#### 4.4. Analisa Stabilitas

Dari hasil analisa stabilitas yang di lakukan disetiap sarat, maka didapatkan

hasil semua memenuhi kriteria. Dari analisa kondisi 0% sampai 100% dengan menggunakan standar dari IMO untuk setiap kapal maka didapatkan grafik sebagai berikut:

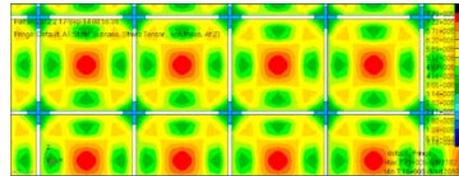


Gambar 7 Grafik Stabilitas Kondisi 100%

#### 4.5. Analisa Kekuatan Struktur

Dari hasil yang muncul akan dianalisa nilai displacement nya, dan juga untuk nilai stress

##### 1. Pembebanan Air Tawar



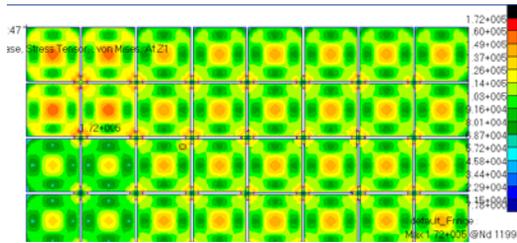
Gambar 4.14 Hasil Analisa pembebanan air tawar

Pada kondisi ini terjadi deformasi dengan nilai *displacement* terbesar yang terjadi adalah sebesar  $7,73 \times 10^5$  m pada node 182 dan nilai *displacement* terkecil adalah  $7,18 \times 10^3$  m terjadi pada node 20897.

##### 2. Pembebanan Konstruksi

Setelah variasi pembebanan dilakukan, maka akan nampak hasil tegangan yang berbeda, semakin berat beban maka tingkat *stress* makin tinggi. Pada kondisi ini terjadi deformasi dengan nilai *displacement* terbesar yang terjadi adalah sebesar  $1,72 \times 10^5$  m dan nilai *displacement* terkecil adalah 7,78 m. Beban yang paling berat ada di ujung yaitu ruangan Gudang pakan, meski sebenarnya berat dari beban ruangan ini tidak lebih besar dari ruangan lain, akan tetapi luas dari ruangan ini (yang merupakan faktor pembagi) sehingga titik stress tertinggi ada di tengah-tengah bagian ini. Sedangkan pada bagian sambungan

tidak terjadi tegangan yang besar, karena ditinjau dari materialnya sendiri, baja lebih kaku dan lebih kuat.



Gambar 4.15 Pendistribusian Beban

#### 4.6. Analisa Biaya

Analisa biaya pembuatan ponton diperhitungkan per satuan unit ponton. Studi yang sudah pernah dilakukan untuk mengkaji biaya pembuatan modul ponton dijadikan sebagai bahan perbandingan dengan modul ponton yang akan dibuat, berikut adalah tabel rangkuman dari pembuatan satu unit modul ponton berukuran 1m x 1m x 1m :

Tabel 4.1 Perhitungan Biaya Material Pembuatan Modul Ponton

| No.         | Item          | Volume  | Satuan | Harga (Rp) |         |
|-------------|---------------|---------|--------|------------|---------|
|             |               |         |        | Satuan     | Jumlah  |
| 1           | Pasir         | 0,19375 |        | 160.000    | 31.000  |
| 2           | Semen         | 2       |        | 62.000     | 124.000 |
| 3           | Admixtures    | 0,4     |        | 22.000     | 9.000   |
| 4           | Multipleks    | 2,31667 |        | 35.000     | 82.000  |
| 5           | Kayu Randu    | 1,625   |        | 21.000     | 35.000  |
| 6           | Besi Tulangan | 4,73333 |        | 17.000     | 81.000  |
| 7           | Wire Mesh     | 0,67333 |        | 95.000     | 64.000  |
| 8           | Kawat Ikat    | 2       |        | 5.000      | 10.000  |
| 9           | Paku Sedang   | 1       |        | 1.000      | 1.000   |
| 10          | Paku Kecil    | 1       |        | 1000       | 1.000   |
| 11          | Paralon PVC   | 0,12    |        | 11.000     | 1.500   |
| 12          | Cat Kedap Air | 1       |        | 45.000     | 45.000  |
| Total Harga |               |         |        |            | 484.500 |

Total Pembuatan Ponton = Rp 180.234.000,00

Total Biaya Produksi = Rp 17.286.500,00

Biaya ponton = Rp 197.520.500,00

Total biaya pembuatan untuk konstruksi bangunan meliputi material dan biaya pengerjaan pembuatan konstruksi adalah Rp 126.155.750,00

Dari data-data kajian biaya pengeluaran untuk pembuatan bangunan apung ini jika ditotal secara keseluruhan yaitu :

Ponton Rp 197.520.500,00

Konstruksi Rp 126.155.750,00

Peralatan Rp 358.520.000,00

**Total Rp 682.196.250,00**

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Didapatkan desain model prototipe keramba apung modern yang sesuai dengan karakteristik keramba yang sehat, murah dan ramah lingkungan.
  - Adapun parameter keramba sehat yaitu keramba jika dibandingkan dengan keramba tradisional yang mudah lapuk/berkarat dan bisa mencemari lingkungan, karena keramba dari ferosemen ini tidak bisa lapuk/berkarat.
  - Keramba dari ferosemen ini lebih murah jika dibanding dengan *modular floating* yang terbuat dari HDPE.
  - Keramba disebut ramah lingkungan karena selain keramba tidak mencemari lingkungan, perolehan bahan ferosemen pun mudah karena banyak tersedia di pasaran, dan cara pembuatannya pun mudah.
2. Didapatkan ukuran utama / dimensi paving terapung yang digunakan sebagai fasilitas apung pada keramba apung modern.
  - Ukuran bangunan apung adalah 18m x 18m x 1m dan untuk titian berukuran 3m x 1m x 1m (gambar detail ukuran terlampir).
3. Hasil analisis numerik untuk didapatkan karakteristik stabilitas, dan olah gerak keramba apung apung yang memenuhi standar.
  - Karakteristik stabilitas, dan olah gerak memenuhi standar *IMO* (hasil terlampir).
4. Didapatkan hasil analisa kekuatan struktur dari keramba, beban maksimal yang dapat ditanggung keramba apung.
  - Hasil analisa struktur terbukti masih dalam batas normal dan tidak mengalami deformasi yang besar saat mendapat beban maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irmawan, 2014. “Keramba Jaring Apung (Peluang, masalah, dan solusi)”. <http://ekonomi.kompasiana.com/agrobisnis/2014/03/19/keramba-jaring-apung-peluang-masalah-dan-solusi-639891.html>
- [2] Winarto, D. A., 2011. “Keramba Apung Plastik Tahan Lama”. <http://www.sentrapolimer.com/index.php/news/lainnya/54-keramba-apung-plastik-tahan-lama.html>.
- [3] Septia R, 2014. “Keramba Apung Aquatec”. <http://www.berniaga.com/Keramba+apung+aquatec-15911508.htm?last=1>
- [4] Zakki, A. F., Wijiantoro, U, 2013. “Rancang bangun modular floating pontoon berbahan dasar ferrocement sebagai alat apung multiguna”. Laporan Penelitian Mandiri Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.
- [5] Riatna, ST. Msi., 2012. “Wisata Rowo Jombor Klaten Jawa Tengah”. <http://www.Riatnamiparniati.blogspot.com/2012/rawa-jombor-keindahan-pariwisata-warungapung.html>.
- [6] Jaya, Sibana, 2011. “Keputusan Pemda Klaten (Perda diperuntukkan Rawa Jombor)”. <http://www.solopos.com/rawa-jombor-keputusan-pemda-klaten-312422.html>.
- [7] Huguenin, J. E., 1997. “The design, operation and economics of age culture systems”. *Aquacultural Engineering*, 16, 167–203.
- [8] Tuan, L. A., Nho, N. T. & Hambrey, J. (2000). “Status of cage mariculture in Vietnam”. In *Cage Aquaculture in Asia: Proceedings of the First International Symposium on Cage Aquaculture in Asia* (Ed. by I. C. Liao & C. K. Lin), pp. 111–23. Asian Fisheries Society, Manila and World Aquaculture Society, Asia Branch, Bangkok.
- [9] Beveridge, M. C. M., 2004. “Cage Aquaculture 3rd Edition”. Blackwell Publishing Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK.
- [10] Gunnarsson, J. (1988) Bridgestone Hi-Seas fish cage design and use. In: *Aquaculture Engineering Technologies for the Future*. Institute of Chemical Engineers Symposium Series Vol. 111, pp. 133–41. Institute of Chemical Engineers, Rugby.
- [11] Gunnarsson, J. (1993) Bridgestone Hi-Seas fish cage: design and documentation. In: *Fish Farming Technology* (Ed. by H. Reinertsen, L. A. Dahle, L. Jørgensen & K. Tvinnereim), pp. 199–201. A. A. Balkema, Rotterdam.
- [12] Gunnarsson, J. (1996) Open ocean aquaculture: Bridgestone Hi-Seas fish cage. In: *Open Ocean Aquaculture. Proceedings of an International Conference, Portland, Maine, 8–10 May 1996* (Ed. by M. Polk), pp. 389–98. Report No. UNHMP-CP-SG-96-9. New Hampshire/Maine Sea Grant College Program, Portland, ME
- [13] Guerrero, R. D., III (1981) *An Introduction to Fish Culture in the Philippines*. Philippine Education Co., Inc., Manila.
- [14] Deswati, dkk. 2009. “Persyaratan Perairan untuk Budidaya Perikanan. Jilid Sistem Budidaya Memanfaatkan Keramba Jaring Apung”. Surabaya. Media Central Cahaya.
- [15] Levy Loreto Manalac (ASA -IM SEA - Philippines Technical Manager- Aquaculture) and Lukas Manomaitis (ASA - IM SEA Technical Director- Aquaculture) This is version 1.0 April 2012.
- [16] Anonim, 2014. “Keramba ikan apung modern - modular float system - floating dock - kubus apung hdpe - kubus apung plastik - ponton hdpe - ponton plastik - cube float”. <http://anugerahatlantik.itrademarket.com/3168609/keramba-ikan-apung-modern-modular-float-system-floating.htm>
- [17] Zakki, A. F., Rahargya, B., 2013. “Rancang Bangun Prototipe Modular Floating Pontoon Berbahan Fiberglass”. Laporan penelitian mandiri Laboratorium Hidrodinamika Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro
- [18] Anonim, 2014. “Concrete Ship”. [http://en.wikipedia.org/wiki/Concrete\\_ship](http://en.wikipedia.org/wiki/Concrete_ship)