

Perangkat Lunak untuk Analisis Gaya Gelombang di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, Ftk-Its

Fendi Hidayat, Haryo D. Armono, dan Mahmud Mustain
Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: armono@oe.its.ac.id

Abstrak—Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS sering digunakan untuk pengujian. Salah satunya menguji gaya *mooring* pada *floating breakwater*. Hal tersebut menjadi salah satu alasan untuk membuat suatu perangkat lunak dalam membantu dalam proses analisis gaya *mooring* tersebut. Perangkat lunak yang dibuat berfungsi untuk membantu proses kalibrasi sensor *load cell* LUB-B 5 to 50 KB dan melakukan analisis gaya gelombang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan regresi linier, korelasi linier, perhitungan varian, standar deviasi, dan hukum Newton yang kemudian disusun dengan menggunakan Microsoft Visual Studio 2008. Penyusunan perangkat lunak yang bernama FORYS ini memiliki tampilan antarmuka pengguna yang mudah dalam pemakaian. Perangkat lunak yang telah dibuat juga bersifat *portable* sehingga bisa digunakan di berbagai komputer atau laptop. Hasil pengujian yang telah dilakukan menghasilkan bahwa semakin besar gaya gelombang yang terjadi, maka semakin besar pula tegangan yang terjadi pada tali.

Kata Kunci—perangkat lunak, regresi, *mooring*, gaya

I. PENDAHULUAN

TAHAP perencanaan merupakan tahap awal dari konstruksi sebuah struktur. Salah satu bagian penting dari tahap ini adalah tahap pengujian dari desain konstruksi awal. Pada desain awal, perhitungan telah dilakukan untuk mendapatkan beberapa parameter pada struktur seperti dimensi, beban, dan respon struktur yang terjadi. Kemudian parameter-parameter yang telah dihasilkan, dilakukan pengujian fisik dengan memakai sebuah model. Sebuah model sendiri merupakan representasi dari sistem fisik yang dapat digunakan untuk memprediksi perilaku sistem dalam beberapa hal yang diinginkan [1]. Hal inilah yang pada akhirnya dapat menentukan dimensi dan aspek yang optimal dari bangunan tersebut.

Pada proses pengujian tidak lepas dari sistem peralatan yang digunakan untuk menguji model struktur tersebut, baik berupa perangkat keras maupun perangkat lunak. Perangkat lunak digunakan dalam proses pengujian ini sebagai perangkat *pen-generate input* atau kondisi lingkungan, perekam data, dan pemroses *output* ataupun digunakan sebagai validasi nilai input yang *di-generate* dalam pengujian. Sedangkan perangkat keras digunakan sebagai fungsi motorik yang mewujudkan perintah dari perangkat lunak yang menghasilkan *input* kondisi lingkungan maupun

yang berfungsi sebagai merekam *output* yang terjadi. Hasil yang *output* yang direkam sangatlah penting pada tahap ini karena hasil ini menjadi pertimbangan lanjut apakah struktur tersebut siap dibangun (memenuhi syarat dan standar yang berlaku) ataukah tidak. Oleh karena itu, kondisi kedua perangkat tersebut harus optimal sehingga hasil nilai yang didapatkan harus tepat atau paling tidak, mempunyai nilai *error* yang masih diperbolehkan.

Melihat pentingnya pengujian fisik yang dilakukan, fasilitas kolam uji gelombang Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, FTK- ITS, sering digunakan untuk pengujian fisik, baik oleh mahasiswa yang melakukan penelitian tugas akhir maupun dosen yang menguji struktur yang mereka desain atau yang akan diimplementasikan di suatu daerah. Struktur yang diuji di kolam uji ini biasanya berupa *breakwater* baik *submerged* maupun *floating*. Laboratorium tersebut telah memiliki perangkat keras berupa kolam uji dengan berbagai kelengkapannya dan seperangkat komputer sebagai kontrol operasi kolam uji. Namun di laboratorium tersebut belum memiliki perangkat lunak yang terintegrasi secara menyeluruh mengenai proses kalibrasi sensor tegangan tali dan pengambilan data sekaligus analisis data hasil pengujian.

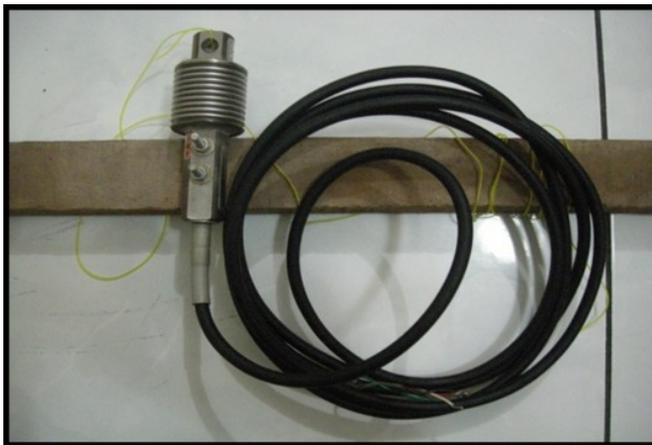
II. URAIAN PENELITIAN

A. Perangkat Uji Fisik

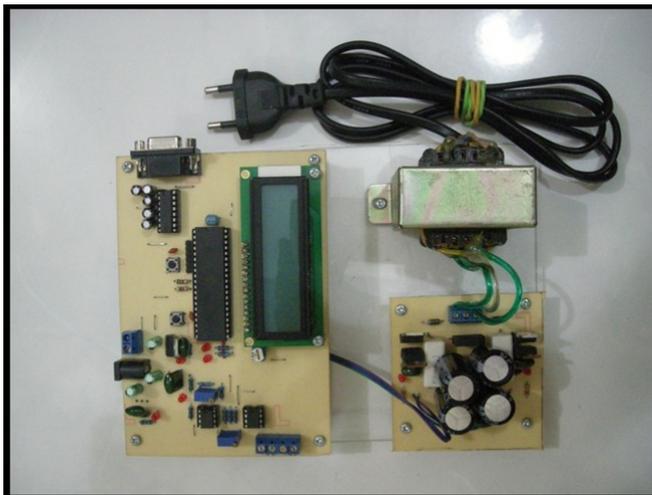
Pada penelitian ini, perangkat yang hendak dipakai adalah sensor *load cell* LUB-B 5 to 50 KB (Gambar 1). Sensor ini merupakan sensor yang dapat digunakan mengukur gaya. Salah satu bentuk implementasinya adalah digunakan dalam penelitian mengenai *mooring floating breakwater*. Sensor ini mampu diberi beban maksimum 5 kg dan dapat merekam sebanyak 10 data rekaman selama 1 detik.

Pada Gambar 2 merupakan gambar rangkaian penguat dan Analog To Digital Converter (ADC). Rangkaian ini berfungsi untuk menguatkan tegangan (*voltase*) yang dihasilkan sensor. Tegangan yang dibaca menghasilkan data analog yang kemudian diubah oleh rangkaian ADC menjadi data digital.

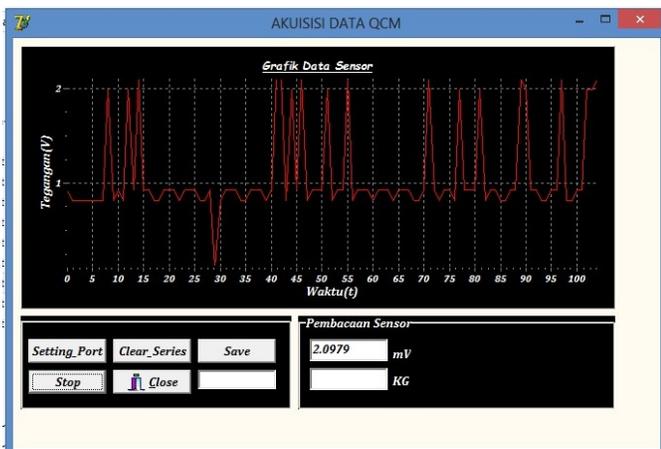
Pada Gambar 3 merupakan perangkat lunak AKUISISI DATA QCM. Perangkat lunak ini berfungsi memproses kode-kode digital yang dihasilkan oleh rangkaian ADC kemudian ditampilkan secara visual melalui komputer atau laptop.



Gambar 1. Sensor *load cell* LUB-B 5 to 50 KB



Gambar 2. Rangkaian penguat dan ADC



Gambar 3. Perangkat lunak AKUISISI DATA QCM

Tampilan visual tersebut berupa grafik voltase yang bergerak terus secara *real time*. Data tampilan visual tersebut dapat disimpan dalam bentuk *file* notepad.txt. *File* notepad inilah yang akan digunakan dalam membuat perangkat lunak untuk mengkalibrasi sensor tersebut sebelum digunakan pada percobaan.

B. Varian dan Standar Deviasi

Varian adalah rata-rata hitung deviasi kuadrat setiap data terhadap rata-rata hitungnya. Dalam penelitian ini menggunakan varian sampel, di mana varian sampel adalah deviasi kuadrat dari setiap data rata-rata hitung terhadap semua data dalam sampel. Fungsinya untuk mengetahui tingkat penyebaran atau variasi data. Standar deviasi adalah akar kuadrat dari varian dan menunjukkan standar penyimpangan data terhadap nilai rata-ratanya. Sebuah standar deviasi yang bernilai rendah menunjukkan bahwa titik data cenderung sangat dekat dengan rata-rata. Sedangkan standar deviasi yang tinggi menunjukkan bahwa data yang tersebar di berbagai macam nilai. Adapun untuk menghitung nilai varian dan standar deviasi adalah sebagai berikut.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \Leftrightarrow s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{1}$$

dengan:

- s^2 = Varian sampel
- s = Standar deviasi
- x_i = Data ke- i
- \bar{x} = Mean data
- n = Banyaknya data

C. Regresi Linier

Regresi adalah studi tentang ketergantungan [2]. Regresi merupakan suatu alat ukur yang juga dapat digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antarvariabel. Jika kita memiliki dua buah variabel atau lebih, maka sudah selayaknya kita mempelajari bagaimana variabel-variabel itu berhubungan atau dapat diramalkan. Analisis regresi mempelajari hubungan yang diperoleh, dinyatakan dalam persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antara variabel-variabel. Menurut rujukan [3] mendefinisikan analisis regresi sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut sebagai variabel yang diterangkan (*the explained variabel*) dengan satu atau dua variabel yang menerangkan (*the explanatory*) atau variabel pertama disebut juga sebagai variabel terikat dan variabel kedua disebut juga sebagai variabel bebas. Jika variabel bebas lebih dari satu, maka analisis regresi disebut regresi linear berganda. Disebut berganda karena pengaruh beberapa variabel bebas akan dikenakan kepada variabel tergantung. Garis yang menunjukkan hubungan tersebut disebut garis regresi. Pada penelitian ini hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, yakni massa dan voltase. Persamaan analisis regresi ini direpresentasikan dalam persamaan sebagai berikut.

$$y = ax + b \tag{2}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \tag{3}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \Leftrightarrow a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \tag{4}$$

dengan:

- n = Banyak data pasangan
- y_i = Variabel terikat y ke- i
- x_i = Variabel bebas x ke- i
- y = Variabel terikat
- x = Variabel bebas
- a = Gradien regresi

D. Korelasi Linier

Korelasi merupakan istilah yang digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antarvariabel. Analisis korelasi adalah cara untuk mengetahui ada atau tidak adanya hubungan tersebut. Korelasi yang terjadi antara dua variabel adalah sebagai berikut.

- Korelasi positif, jika $R > 0$
- Korelasi negatif, jika $R < 0$
- Tidak ada korelasi, jika $R = 0$
- Korelasi sempurna, jika $R = 1$ atau $R = -1$

Nilai R dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}} \quad (5)$$

dengan:

- n = Banyak data pasangan
- y_i = Variabel terikat y ke- i
- x_i = Variabel bebas x ke- i
- R = Korelasi linier

E. Hukum Newton

Pada hukum I Newton disebutkan bahwa jika resultan gaya yang bekerja pada benda sama dengan nol, maka benda yang diam akan tetap diam atau benda yang bergerak lurus beraturan akan tetap bergerak lurus beraturan. Secara matematis dapat dituliskan:

$$\sum F = 0 \quad (6)$$

Hukum I Newton ini digunakan dalam menganalisis proses pengkalibrasian sensor tegangan yang akan dipakai. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada sensor tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.

Berdasarkan hukum I Newton, gaya-gaya yang bekerja pada sensor tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

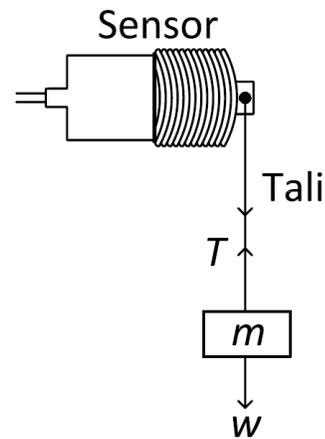
$$\sum F = 0 \Leftrightarrow T - w = 0 \Leftrightarrow T = w = mg \quad (7)$$

dengan:

- T = Tegangan tali (N)
- w = Gaya berat (N)
- m = Massa benda (kg)
- g = Percepatan gravitasi (ms^{-2})

F. Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau kesamaan yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Keuntungan penggunaan pemodelan fisik ini adalah model fisik mengintegrasikan semua persamaan pembangkit suatu proses tanpa adanya penyederhanaa asumsi, menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Agar fenomena-fenomena yang terjadi di prototipe dapat dimodelkan dengan baik, maka harus dipenuhi



Gambar 4. Gaya-gaya yang bekerja pada sensor

kriteria kesebangunan yang meliputi sebangun geometrik (*geometric similarity*), sebangun kinematik (*kinematic similarity*), dan sebangun dinamik (*dynamic similarity*).

G. Pemrograman Microsoft Visual Studio 2008

Program komputer adalah rangkaian kata perintah yang telah dimengerti oleh komputer untuk dikerjakannya [4]. Kata-kata perintah tersebut membentuk suatu bahasa yang disebut dengan bahasa pemrograman. Untuk membuat perangkat lunak sesuai dengan penelitian ini dibutuhkan suatu program. Program tersebut adalah Microsoft Visual Studio 2008. Menurut rujukan [5], Microsoft Visual Studio merupakan sebuah perangkat lunak lengkap (*suite*) yang dapat digunakan untuk melakukan pengembangan aplikasi, baik itu aplikasi bisnis, aplikasi personal, ataupun komponen aplikasinya, dalam bentuk *console*, aplikasi Windows, ataupun aplikasi Web.

Sebelum membuat suatu perangkat lunak diperlukan suatu algoritma pemrograman terlebih dahulu. Algoritma pemrograman adalah langkah-langkah logis penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis dalam suatu bahasa pemrograman [6]. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membuat algoritma pemrograman adalah:

1. Algoritma mempunyai awal dan akhir.
2. Setiap langkah harus didefinisikan dengan tepat sehingga tidak memiliki arti ganda (*ambigu*).
3. Memiliki masukan (*input*) atau kondisi awal.
4. Memiliki keluaran (*output*) atau kondisi akhir.
5. Algoritma harus efektif, bila digunakan benar-benar menyelesaikan persoalan.

Dalam penulisan algoritma bisa berupa uraian kalimat deskriptif (*narasi*) atau bisa juga diekspresikan dalam bentuk diagram alir.

Setelah menyusun algoritma, langkah selanjutnya yang harus dilakukan dalam melakukan suatu pemrograman adalah membuat *pseudo-code*. *Pseudo-code* adalah sekumpulan deklarasi yang disusun secara sistematis berdasarkan algoritma pemrograman yang telah dibuat. *Pseudo-code* juga dikenal dengan sebutan *listing* program. Deklarasi yang dimaksud berupa bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat perangkat lunak sesuai dengan penelitian ini. Dalam hal ini bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa pemrograman yang terdapat di Microsoft Visual Studio 2008.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini dimulai dengan melakukan studi lapangan dan studi literatur kemudian melakukan pengambilan data percobaan untuk identifikasi *output*. Setelah mendapatkan data, menyusun perangkat lunak untuk mengkalibrasi data tersebut. Data yang telah dikalibrasi kemudian dianalisis dan dibahas. Penelitian ini diakhiri dengan menarik kesimpulan dan membuat laporan dari seluruh proses yang telah dilakukan. Adapun diagram alir proses dari awal hingga akhir penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat lunak dibuat dengan menggunakan program Microsoft Visual Studio 2008 (Visual Basic). Penggunaan Visual Basic (VB) ini dengan mempertimbangkan kemudahan penulisan persamaan dan logika yang digunakan dan diperlukan. Selain itu, VB memang dirancang untuk mempermudah pengolahan ataupun perhitungan secara matematis dalam berbagai bidang ilmu. Nama dari perangkat lunak ini adalah FORYS. Nama tersebut diambil singkatan dari *Force Analysis*.

A. Algoritma Pemrograman Perangkat Lunak FORYS

Dalam membuat perangkat lunak ini diperlukan suatu algoritma pemrograman yang disusun sebagai berikut.

1. Mendefinisikan nilai x dan y

Terdapat data percobaan berupa notepad.txt yang berisikan data voltase hasil pembacaan sensor yang diberi massa. Data ini dihasilkan oleh perangkat lunak AKUISISI DATA QCM. Data ini dihasilkan sebanyak beban yang diujikan ke sensor. Nilai x didefinisikan sebagai massa yang diujikan ke sensor. Nilai y didefinisikan sebagai rata-rata voltase selama 1 menit (600 data). Dapat dilihat juga pada Tabel 4.1.

2. Menghitung varian (s^2), standar deviasi (s), persamaan regresi linier (y) dan korelasi linier (R)

Menghitung varian dan standar deviasi dari data y sesuai rujukan (1). Dari data x dan y yang sudah dimiliki, kemudian dihitung persamaan regresi liniernya dan nilai korelasi liniernya sesuai rujukan (2), (3), (4), dan (5).

3. Menghitung nilai x dari pengujian data gelombang

Persamaan regresi linier yang sudah didapat, digunakan untuk menentukan nilai x dari *input* nilai y yang diperoleh dari pengujian gelombang.

4. Menghitung gaya

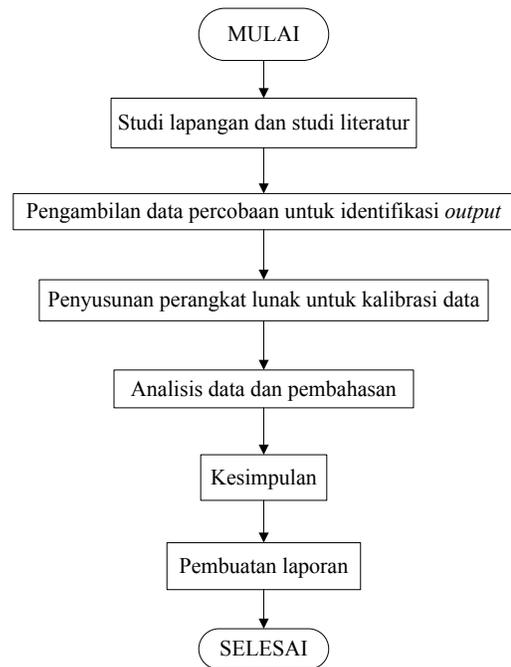
Setelah mendapatkan nilai x , maka dapat dapat dihitung besarnya gaya yang terjadi dengan menggunakan rujukan (7). Juga menentukan besarnya F_{10} , F_{50} , dan $F_{1/3}$ untuk keperluan analisis gaya gelombang.

5. Reset data

Menghapus data lama yang masih tersimpan di *database* kemudian mengatur ulang semua data dengan data baru sesuai poin 1-4 di atas.

B. Listing Program Perangkat Lunak FORYS

Pada program VB mempunyai kelebihan dapat menjalankan *listing* program tanpa harus memperhatikan urutannya. Selain itu, VB juga bisa menggunakan sistem *database* sebagai “lemari sementara” dalam hal penyimpanan



Gambar 5 Diagram alir metodologi penelitian

Tabel 1

Pengamatan hubungan antara massa benda (x) dengan rata-rata voltase (y)

Percobaan Ke-	Massa Benda (x)	Rata-Rata Voltase (y)
1	200	0,580
2	400	0,611
3	600	0,610
4	800	0,592
5	1000	0,715
6	1200	1,526
7	1400	1,528
8	1600	1,820
9	1800	2,057
10	2000	1,829
11	2200	1,976
12	2400	1,971
13	2600	2,174

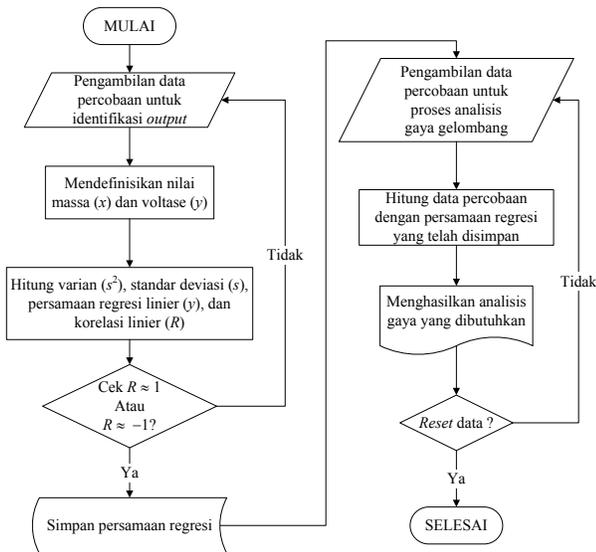
dan perhitungan data. Hal ini sangat membantu untuk membuat FORYS. Dalam pembuatannya, terdapat 6 bagian yang terdiri atas:

1. Form 1.vb [Design]
2. Form 2.vb [Design]
3. CrystalReport1.rpt
4. Database1DataSet.xsd
5. Form 1.vb
6. Form 2.vb

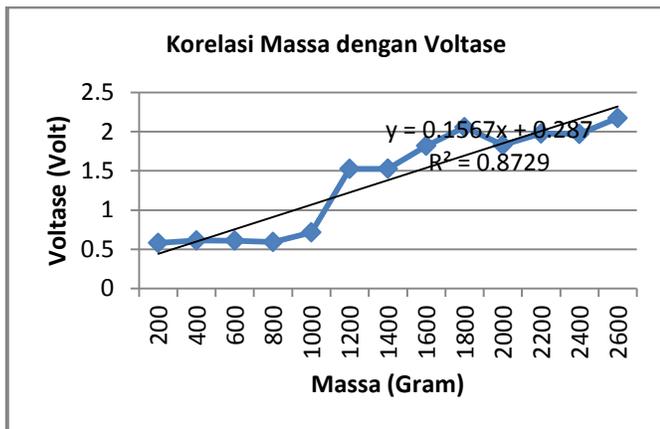
C. Sistem Kerja Perangkat Lunak FORYS

Dari data pada tabel 7, didefinisikan x sebagai massa dan y sebagai voltase, sehingga dapat diperoleh regresi linier dan korelasi liniernya sebagai berikut

Rujukan (9) merupakan korelasi linier yang nilainya mendekati 1 ($R = 0,9342$). Hal ini berarti antara massa dengan voltase mempunyai hubungan (berkorelasi). Dilihat dari persamaan regresinya (rujukan (8)) mempunyai gradien bernilai positif sehingga dapat digambarkan berupa grafik yang terbentuk miring ke kanan. Hal ini berarti antara massa



Gambar 6. Diagram alir algoritma pemrograman perangkat lunak FORYS



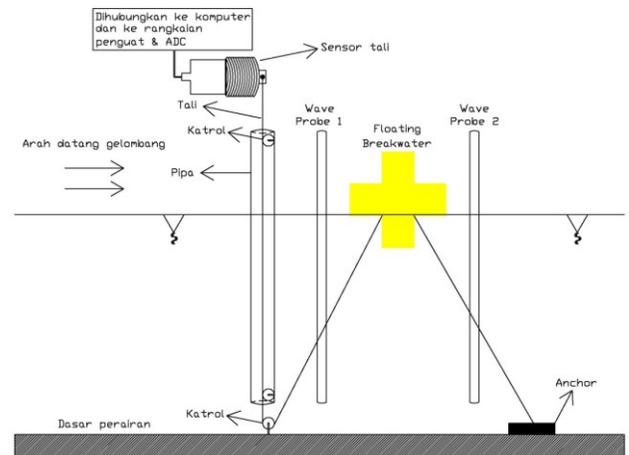
Gambar 7. Grafik korelasi massa dengan voltase

dengan voltase berbanding lurus. Rujukan (8) nanti akan digunakan untuk menghitung tegangan tali yang terjadi pada saat diujikan di laboratorium. Mekanisme perhitungan tegangan tali dapat dilihat sebagai berikut.

$$y = 0,1567x + 0,287 \tag{8}$$

$$R^2 = 0,8729 \Leftrightarrow R = 0,9342 \tag{9}$$

1. Sensor, rangkaian penguat dan ADC dirangkai menjadi satu di atas *wave tank* sebagaimana Gambar 8.
2. Setelah semua peralatan telah dirangkai, maka gelombang dibangkitkan. Gelombang yang dibangkitkan akan mengenai tali pada konfigurasi model. Tali yang terkena gelombang akan menegang dan kemudian akan direkam besarnya voltase oleh sensor. Data voltase (y) yang terekam kemudian dihitung massanya (x) dengan menggunakan rujukan (8).



Gambar 8. Konfigurasi model pada *wave tank*

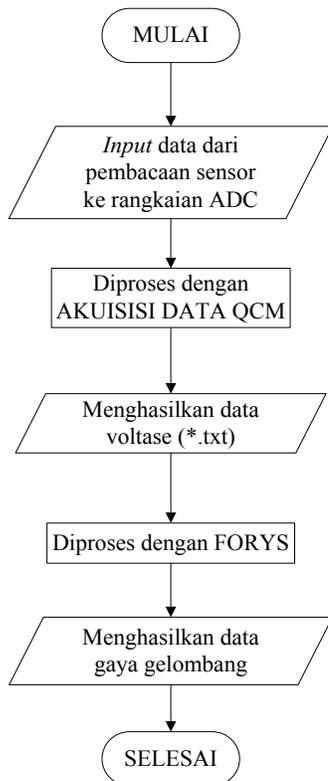
Data massa yang sudah diperoleh dapat digunakan untuk menghitung tegangan tali yang terjadi akibat gaya gelombang. Untuk menghitung tegangan tali ini dapat menggunakan rujukan (7). Tegangan tali yang terjadi juga merupakan gaya gelombang yang terjadi. Artinya, besar tegangan yang terjadi pada tali juga merupakan besar gaya gelombang yang terjadi. Karena hubungan antara massa dengan voltase berbanding lurus, maka semakin besar gaya gelombang yang terjadi, semakin besar pula tegangan yang terjadi pada tali. Perhitungan-perhitungan di atas tentunya sudah dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak FORYS.

Gaya gelombang yang didapatkan kemudian bisa diaplikasikan untuk penelitian tentang *mooring floating breakwater* maupun penelitian lain. Gaya yang terjadi pada prototipe akan sama dengan gaya yang terjadi pada model apabila model dan prototipe sebangun geometrik dan kinematik serta perbandingan gaya-gaya yang bersangkutan pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran adalah sama dan bekerja pada arah yang sama. Secara umum, langkah pemrosesan data mulai dari awal hingga akhir dapat dilihat pada Gambar 9.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Setelah melakukan analisis dan pembahasan dari perangkat lunak yang dibuat dengan Microsoft Visual Studio 2008 serta percobaan pengambilan data, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Perangkat lunak FORYS dapat digunakan untuk mengkalibrasi sensor *load cell* LUB-B 5 to 50 KB yang terdapat di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut, Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS.
2. Perangkat lunak FORYS bersifat *portable* sehingga bisa digunakan di berbagai komputer atau laptop dengan spesifikasi sebagai berikut.
 - a. Sudah ter-*install* Microsoft .NET Framework 3.5 Service Pack 1, Windows Installer Redistributables 4.5, Microsoft SQL Server 2008, dan Plug-In Crystal Reports Microsoft Visual Studio 2008.



Gambar 9 Diagram alir langkah pemrosesan data

dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Munson, B. R., 2009. *Fundamentals of Fluid Mechanics 6th Edition*. Denver: University of Colorado Boulder
- [2] Weisberg, Sanford. 2005. *Aplied Linear Regression*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- [3] Gujarati, Damodar. 2006. *Dasar-Dasar Ekonometrika*. Jakarta: Erlangga
- [4] Wahyudi, Bambang. 2003. *Materi Kuliah: ALGORITMA PEMROGRAMAN*
- [5] Artikel non-personal. 06 April 2013. *Microsoft Visual Studio*. Wikipedia: http://id.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio. Diakses 15 Mei 2013
- [6] Rini, Dian Palupi. 2006. *Materi Kuliah: ALGORITMA, PEMROGRAMAN DAN BAGAN ALIR*

- b. Letak perangkat lunak harus berada di *path* C:\
 - c. Data output dari AKUISISI DATA QCM berupa *file* notepad.txt harus diletakkan di *path* D:\ dan *file* tersebut harus di-*rename* dengan format angka sesuai besarnya massa yang diuji. Misalkan pengujian dengan massa 700 g, maka penamaan *file* notepad tersebut adalah “700” (tanpa tanda petik).
 - d. Pastikan pengaturan bahasa dan regional berada pada format English (International) atau English (United States).
3. Semakin besar gaya gelombang yang terjadi, maka semakin besar pula tegangan yang terjadi pada tali.

Dari beberapa pengamatan dan analisis yang dilakukan, maka saran yang bisa diberikan adalah:

1. Perangkat lunak FORYS masih dapat dikembangkan dengan analisis lain, khususnya yang berhubungan pembacaan data dan analisis pengujian yang sering dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS.
2. Pada penelitian ini belum sempat dilakukan pengambilan data gelombang karena *wave tank* masih dalam perbaikan, sehingga pengujian berupa pengambilan data gelombang pada *wave tank* perlu dilakukan untuk mengetahui berapa nilai pasti gaya gelombang yang terjadi. Perhitungan bisa dilakukan dengan perangkat lunak FORYS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. dan Bapak Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya. Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung