

PENGEMBANGAN APLIKASI PROGRAM MATLAB VERSI 2012 PADA TIANG PENYANGGA JEMBATAN SEBAGAI PREDIKSI AWAL KERUNTUHAN PONDASI TURAP AKIBAT POLA ALIRAN FLUIDA DI LABORATORIUM KEAIRAN UNESA

DEVELOPMENT APPLICATION MATLAB PROGRAM VERSION 2012 OF THE BRIDGE PILLARS TO PREDICTION COLLAPSE AS EARLY OF SHEET PILE FOUNDATION AS A RESULT OF FLUID FLOW PATTERN IN LABORATORY KEAIRAN UNESA

Djoni Irianto*

Lektor Kepala, Kasub Lab. Plumbing Teknik Sipil FT-Universitas Negeri Surabaya

Koresponden : *e-mail : ryanozimo@yahoo.com

Abstrak. Pembangunan beberapa sarana dan prasarana bangunan air tidak terlepas dari faktor-faktor tanah, udara, cuaca, struktur dan pola aliran airnya. Kerusakan pada bangunan struktur tiang penyangga jembatan, sering kali disebabkan oleh kesalahan manusia (*human error*), hal ini karena sebagian besar dari kita belum memahami karakteristik pola aliran air yang terjadi di tempat pekerjaan yang akan dilakukan tugas perencana suatu bangunan air, dibandingkan dengan perkembangan teknologi informatika dan infrastruktur itu sendiri. Selain cara, kebutuhan akan pemahaman teori, lokasi, pengalaman sangat memegang peranan penting dalam memenuhi akan kualitas bangunan air yang bermutu, karena dengan pengetahuan yang minim tentu akan memilih metode yang berkualitas minim. Untuk mensiasati rendahnya pemahaman tentang faktor kerusakan bangunan air khususnya tiang penyangga bangunan jembatan maka peneliti mengungkap lebih dalam tentang perencanaan bangunan air yang telah dibangun terstruktur tersebut dengan mengkaji keberadaan bagaimana kondisi pola aliran air yang terjadi pada sungai yang ada di daerah bawah jembatan tersebut untuk dianalisis dengan menggunakan program MATLAB Versi 2012 guna mengetahui sejauh mana prediksi keruntuhan pondasi turap dibawah jembatan. Peralatan, teknologi perangkat lunak akan dibangun dan dikembangkan di laboratorium Keairan UNESA, dan sebagai pembanding penelitian perlu diaplikasikan dengan keadaan aliran air di beberapa sungai di Wilayah DAS Brantas. Dengan uji skala kecil memajukan dan memundurkan tiang penyangga jembatan diharapkan dapat menghasilkan ragam pola aliran yang berpengaruh pada kerusakan bangunan air, serta dapat informasi dan penanggulangan dini tentang kerusakan pondasi turap bawah jembatan.

Kata Kunci : tiang penyangga jembatan, pola aliran air, MATLAB Versi 2012, Pondasi turap

Abstract. Construction of water facilities and infrastructure building is inseparable from factors of land, air, weather, structure, and pattern of water flow. Damage to the building structure of the bridge pillars, often caused by human error, this is because most of us do not understand the characteristics of water flow patterns that occurred in the work place that will do the task of planning a building of water, compared with the development of information technology and infrastructure itself. Besides the way, the need for understanding of theory, location, experience plays an important role in meeting the quality of the water quality of the building, due to the lack of knowledge that will certainly choose the method of minimal quality. To anticipate the lack of understanding of the factors damage waterworks building a bridge pillar in particular the researchers uncover more about the planning of the building which has been constructed structured water is by examining how the presence of the condition of water flow patterns that occur in rivers in the area under the bridge to be analyzed with use using the program MATLAB version 2012 to determine the extent of the collapse prediction sheet pile foundation under the bridge. Equipment, software technology will be built and developed in the laboratory Inundated UNESA, and as a comparison study should be applied with state water flow in some rivers in the DAS Brantas area. With small-scale test to advance and rewind the bridge pillar is expected to produce a variety of patterns that affect the flow of water damage to the building, as well as prevention and early dapat information about foundation damage plaster under the bridge.

Keywords: bridge pillars, water flow patterns, MATLAB Version 2012, sheet pile foundation

PENDAHULUAN

Perkembangan bangunan air sejak tahun 1972 sangat pesat khususnya di sekitar DAS Brantas. peningkatan itu sudah merambah daerah Sidoarjo sampai menuju perbatasan Kabupaten Pasuruan. Pembangunan beberapa sarana dan prasarana penghubung tol adalah beberapa jembatan baru, namun dengan dibangunnya jembatan baru tersebut, ternyata berdampak pada kerusakan bagian pinggir sungai tersebut. Hal ini tidak terlepas dari faktor-faktor tanah, udara, cuaca, struktur bangunan tiang bawah jembatan dan perubahan pola aliran air yang ditimbulkannya. Kerusakan pada struktur tanah tebing sungai, sering kali disebabkan oleh kesalahan manusia (*human error*), hal ini karena pekerjaan ini sebagian besar kualitasnya masih jauh dibawah rata-rata dibandingkan dengan perkembangan yang diakibatkan oleh teknologi itu sendiri. Pekerjaan bangunan air yang berupa jembatan ada di wilayah jawa timur rata-rata memang menggunakan tiang penyangga, hal ini disebabkan tingkat bentang sungai dan beban transportasi. Rata-rata kemampuan tiang penyangga bangunan jembatan yang ada di atas sungai hanya mengandalkan luasan dimensi , sehingga fanatisme tentang luasan dimensi penyangga lebih dominan dibandingkan dengan pemahaman tentang tiang ramping tetapi kuat. Untuk mendapatkan rancangan yang berdampak kecil, ada beberapa cara dalam menyelesaikan permasalahan, yaitu dengan membangun dan mengembangkan aplikasi program numerik berupa software, sebagai langkah tepat pemodelan guna mendapatkan prediksi data hasil simulasi yang akurat. Maksud dari penelitian ini untuk memaparkan hasil analisa dengan menggunakan pendekatan numerik pada kasus mekanika fluida dan hidrolika sederhana aliran melewati tiang silinder, dengan menggunakan pendekatan pemecahan numerik bentuk 2 dimensi, maupun 3 dimensi.

Batasan Masalah

Batasan masalah yang menjadi obyek penelitian, dibatasi hanya pada analisis penerapan model numerik pada pemecahan mekanisme aliran fluida sederhana dan hidrolika aliran fluida yang melewati tiang slinder.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana gambar scream function pada pendekatan numerik menggunakan metode beda hingga dengan menggunakan aplikasi komputer MATLAB 2012 pada kedalaman awal 0,3; 0,4; 0,5 ?
2. Apakah terjadi perbedaan pola aliran scream function pada pendekatan numerik menggunakan metode beda hingga dengan menggunakan aplikasi komputer MATLAB di gunakan meningkat ?
3. Bagaimanakah hasil running MATLAB 2012 pada tiang silinder jika tiang silinder di geser ke depan dan belakang?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian melakukan pembahasan pengembangan aplikasi program MATLAB Versi 2012 yang bertopik, **pemodelan numerik mekanika fluida dan hidrolika pada tiang silinder penyangga jembatan** adalah untuk disimulasikan dengan bentuk ragam posisi tiang dari hasil analisa pembahasan simulasi program, dengan menggunakan pendekatan numerik tersebut dapat tersaji dalam bentuk gambar-gambar pola aliran.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian bagi akademisi, diharapkan dapat menjadikan sumbangan pemikiran dalam meningkatkan derajat pemodelan dilaboratorium dari model empiris dan model fisik yang memerlukan ruang besar serta biaya mahal, menjadi model numerik yang lebih ringkas dan singkat, serta diminati mahasiswa generasi terbaru. Bagi klalayak praktisi pemodelan ini memudahkan untuk memonitor pergerakan aliran air bawah jembatan dengan cepat, serta memudahkan para pengambil keputusan untuk bertindak tepat, karena gambar tersedia dan terdeteksi sejak dini dilayar komputer.

TNJAUAN PUSTAKA

Pokok teori yang menjadi acuan dalam ulasan jurnal ini. Adapun kajian pustaka yang dijadikan dasar adalah :

Fluida

Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara terus-menerus bila terkena tegangan geser. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan. Tegangan geser

pada suatu titik adalah nilai batas perbandingan gaya geser terhadap luas dengan berkurangnya luas hingga menjadi titik tersebut. Aliran (flow) fluida ada tiga macam yaitu : 1. Kecepatan fluida mengalir (m/s), 2. Debit (banyaknya volume) fluida mengalir per satuan waktu (l/dtk), 3. Jumlah (volume) fluida yang mengalir untuk selang waktu tertentu (liter, galon). Jenis alat ukur aliran (flow) sebenarnya sangat banyak, pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga bagian besar yaitu : 1. Head Flow Meter, 2. Area Flow Meter, 3. Positive Displacement Meter.

Finite Difference

Finite Difference adalah metode yang mengubah setiap derivatif dari persamaan diferensial menjadi bentuk difference (beda) dengan menggunakan ekspansi deret Taylor, misalkan $u(x)$ adalah solusi dari persamaan diferensial Δx adalah besar pertambahan untuk variabel x . maka dari ekspansi deret Taylor di peroleh :

$$u(x + \Delta x) = u(x) + u'(x)\Delta x + \frac{1}{2}u''(x)(\Delta x)^2 + \frac{1}{6}u'''(x)(\Delta x)^3 + O(\Delta x)^4 \quad (1)$$

Jika Δx di ganti dengan $-\Delta x$ maka di peroleh :

$$u(x - \Delta x) = u(x) - u'(x)\Delta x + \frac{1}{2}u''(x)(\Delta x)^2 - \frac{1}{6}u'''(x)(\Delta x)^3 + O(\Delta x)^4 \quad (2)$$

Dengan mengurangkan kedua persamaan di atas maka di peroleh :

$$u'(x + \Delta x) - u(x - \Delta x) = 2u'(x)\Delta x + O(\Delta x)^2 \quad (3)$$

Sehingga untuk turunan pertama di peroleh :

$$u'(x) = \frac{u(x+\Delta x) - u(x-\Delta x)}{2\Delta x} + O(\Delta x) \quad (4)$$

Atau dengan menggunakan persamaan 1 dapat di peroleh :

$$u'(x) = \frac{u(x+\Delta x) - u(x-\Delta x)}{\Delta x} + O(\Delta x) \quad (5)$$

Persamaan 4 di sebut forward difference dan persamaan 5 di kenal center difference. Sedangkan untuk mendapatkan turunan kedua dilakukan dengan menjumlahkan kedua persamaan 1 dan 2 kembali dan di peroleh :

$$u'(x + \Delta x) + u(x - \Delta x) = 2u(x) + u''(x)(\Delta x)^2 + O(\Delta x)^2 \quad (6)$$

Sehingga untuk turunan ke dua di peroleh

$$u''(x) = \frac{u(x+\Delta x) - 2u(x) + u(x-\Delta x)}{(\Delta x)^2} + O(\Delta x)^2 \quad (7)$$

Persamaan 7 di sebut dengan center second difference.

Persamaan 4,5,7 di tuliskan kembali dengan mengganti $x = j \Delta x$, j bilangan bulat dan $u_j = u(j \Delta x)$ maka untuk turunan pertama dapat di aproksimasikan menjadi

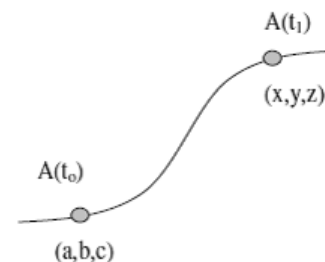
$$\frac{u_{j+1} - u_{j-1}}{2\Delta x} \text{ atau } \frac{u_{j+1} - u_j}{\Delta x}$$

Kinematika

Kinematika adalah tinjauan gerak partikel zat cair tanpa memperhatikan gaya yang menyebabkan gerak tersebut. kinematika mempelajari kecepatan di setiap titik medan aliran pada setiap saat. di dalam aliran zat cair, pergerakan partikel – partikel zat tersebut sulit untuk di amati, oleh karena itu biasanya di gunakan kecepatan pada suatu titik sebagai fungsi waktu untuk mendefinisikan pergerakan partikel, setelah kecepatan di dapat, maka dapat di peroleh distribusi tekanan dan gaya yang bekerja pada zat cair.

a. Garis arus (*streamlines*) dan Pipa arus (*streamtubes*)

Garis arus (*streamline*) adalah kurva khayal yang ditarik di dalam aliran zat cair untuk menunjukkan arah gerak di berbagai titik dalam aliran dengan mengabaikan fluktuasi sekunder yang terjadi akibat turbulensi. Partikel – partikel zat cair pada pergerakannya akan bergerak melalui garis lintasan (*path line*) tertentu



Gambar 1 Lintasan gerak partikel zat cair

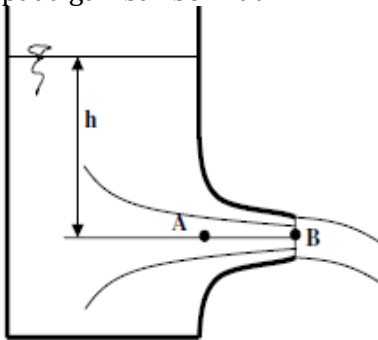
Koordinat partikel $A(x,t,z)$ pada waktu t_1 , adalah tergantung PADA KOORDINAT AWALNYA (abc) pada waktu t_0 . Oleh karena garis lintasan sulit di gambarkan untuk masing-masing partikel, maka untuk menggambarkan gerakan fluida di kenalkan karakteristik aliran yaitu kecepatan (v) dan tekanan (p).

Garis singgung yang di buat di sembarang titik pada lintasan partikel menunjukkan

arah arus dan kecepatan partikel zat cair tersebut.

b. Percepatan aliran

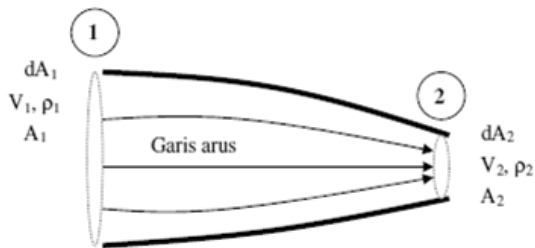
Percepatan partikel zat cair di definisikan sebagai laju perubahan kecepatan. Laju perubahan kecepatan ini bisa di sebabkan oleh perubahan geometri medan aliran atau karena perubahan waktu. Dipandang suatu aliran melalui curat dengan tampang lintang mengecil dari sebuah tangki seperti tampak pada gambar berikut



Gambar 2. Laju perubahan kecepatan

c. Persamaan kontinuitas

Apabila zat cair tak mampu mampat (*uncompressible*) mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran tetap ataupun tidak tetap, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Keadaan ini disebut dengan persamaan kontinuitas aliran zat cair. Dipandang tabung aliran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, untuk aliran satu dimensi dan mantap, kecepatan rerata dan tampang lintang pada titik 1 dan 2 adalah V_1 , dA_1 dan V_2 , dA_2 .



Gambar 3. Tabung aliran

Volume zat cair yang masuk melalui tampang 1 tiap satuan waktu adalah $V_1 dA_1$, dan volume zat cair yang keluar dari tampang 2 tiap satuan waktu adalah $V_2 dA_2$. Oleh karena tidak ada zat cair yang hilang di dalam tabung aliran, maka:

$$V_1 \cdot dA_1 = V_2 \cdot dA_2 \quad (8)$$

Untuk seluruh lapisan pipa

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (9)$$

Atau

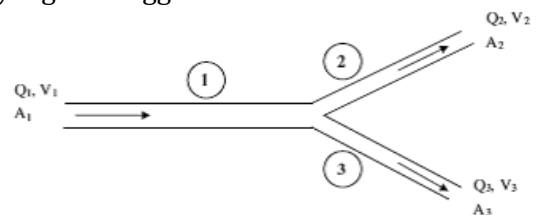
$$Q = A \cdot V = \text{tetap} \quad (10)$$

Dimana :

A = Luas penampang (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Persamaan (7) dikenal dengan persamaan kontinuitas untuk zat cair tak mampu mampat. Pada pipa bercabang (Gambar 5.7), maka debit aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit aliran yang meninggalkan titik tersebut.



Gambar 4. Persamaan kontinuitas pada pipa bercabang

Maka berlaku :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (11)$$

Atau

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \quad (12)$$

Biasanya debit aliran menuju titik cabang diberi tanda positif dan yang meninggalkan diberi tanda negatif, sehingga jumlah aliran pada percabangan nol.

$$\sum Q = 0 \quad (13)$$

Persamaan Analitik

a. Solusi Analitik

Persamaan harmonic sederhana sebagai berikut :

$$\xi = A \cos(k \cdot x - \sigma \cdot t) \quad (14)$$

di peroleh solusi analitik kecepatan adalah :

$$u = \frac{A \cdot \cos \sigma}{H} \times \cos(k(x + 0.5 dx) - \sigma \cdot t) \quad (15)$$

Dimana :

A : amplitude gelombang

$\cos$: kecepatan gelombang di perairan dangkal

σ : frekuensi sudut gelombang

kedua solusi analitik tersebut (1) dan (2) akan di gunakan awal dan syarat batas numeric.

b. nilai awal dan syarat batas

• nilai awal

pada saat awal di setiap grid secara numeric dapat di tuliskan :

$$\xi_1^0 = A \cos(k \cdot i \cdot \Delta x) \text{ saat } t=0 \quad (16)$$

$$u_1^0 = \frac{A \cdot \cos \sigma}{H} \times \cos(k(i \cdot \Delta x + 0.5 \Delta x)) \quad (17)$$

• syarat batas

syarat batas di hilir (di grid ke-0) di berikan elevasi sebagai berikut :

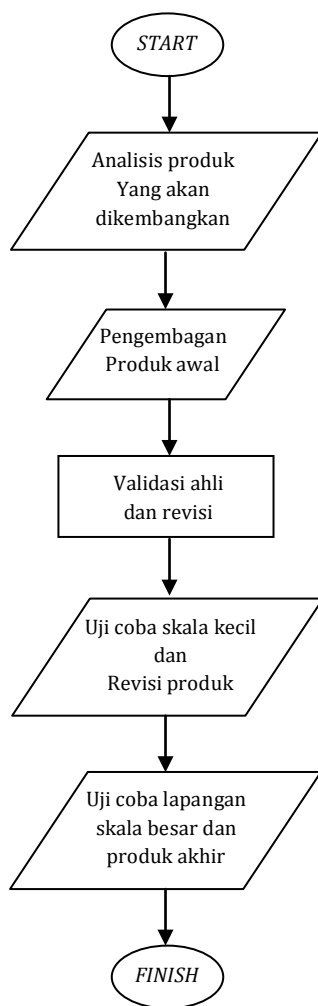
$$\xi_0^{n+1} = A \cos(\sigma \cdot n \cdot \Delta x) \quad (18)$$

sedangkan syarat batas di hulu (di grid ke-I max) di berikan kecepatan sebagai berikut :

$$u_{imax}^{n+1} = \frac{AxCo}{H_{imax}^{n+1}} \times \cos(k \cdot L + \sigma \cdot n \cdot \Delta x) \quad (19)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Plumbing, Laboratorium Keairan Unesa. Dimana sebagai prosedur penelitian sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Observasi

Melakukan pengamatan dan membuat laporan data bagian sungai yang rusak (sample tanah, pondasi, beton, dinding, bagian pondasi bangunan turap).

Evaluasi

Evaluasi dilakukan bersama tim peneliti

UNESA dan pihak-pihak yang terdampak akibat terjadinya kerusakan bagian sungai yang diakibatkan oleh keadaan tanah, pondasi turap di laboratorium keairan UNESA.

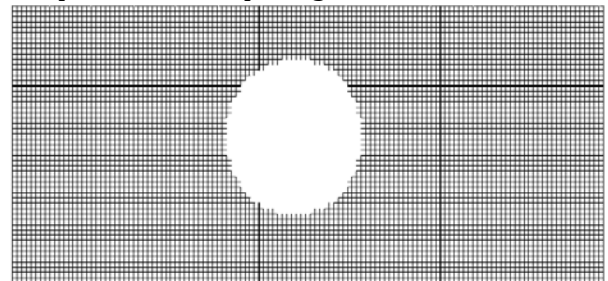
Analisis dan Refleksi

Data yang telah terkumpul dianalisis dan didiskusikan bersama observer, tentang kelebihan dan kelemahan yang terjadi dalam proses penelitian kemudian dideskripsikan sebagai bahan penyusunan perencanaan tindakan perbaikan.

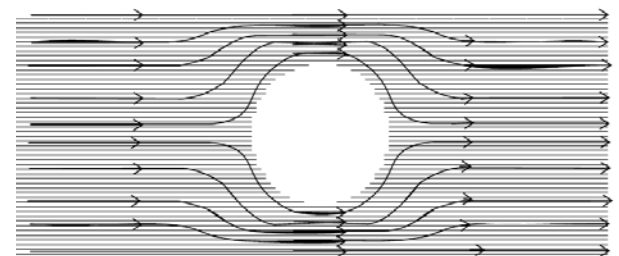
Pembuatan Contoh Hasil Simulasi Numerik Model Tiang Silinder

Dalam uji model program yang di buat dilakukan dengan menggunakan aliran seragam untuk fluida ideal dengan diskritisasi 152x53 grid. Pemodelan ini dicoba untuk di buat pada fluida ideal (unviscous , incompressible, dan unsteady). Pemodelan ini di maksudkan untuk dapat melihat stabilitas penggunaan model beda hingga dalam pemecahan kasus-kasus Hidrodinamika dan Dinamika fluida.

Karena asumsi fluida yang di gunakan dalam ji model numerik ini adalah fluida ideal, maka disini hasil dari stream function yang di harapkan adalah seperti gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Grid uji coba model pada aliran seragam



Gambar 7. Bentuk dari stream function yang diharapkan dari output program pada kondisi fluida ideal.

Program Matlab

MATLAB adalah sebuah bahasa dengan kemampuan tinggi untuk komputasi teknis. Ia menggabungkan komputasi, visualisasi, dan

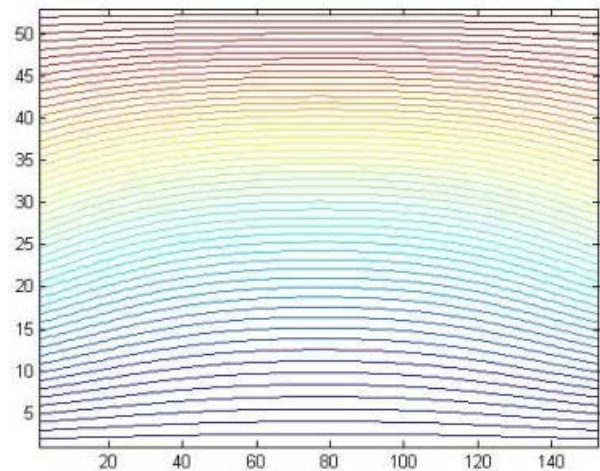
pemrograman dalam satu kesatuan yang mudah digunakan di mana masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematik yang sudah dikenal. Pemakaian MATLAB meliputi : Matematika dan komputasi, pengembangan algoritma, akuisisi data, pemodelan, grafik saintifik dan engineering dan perluasan pemakaian, seperti graphical user interface(GUI) .

Dalam penelitian pendekatan numerik pada fluida ideal dengan menggunakan aliran seragam dengan diskritisasi 152x53 grid kami menggunakan aplikasi komputer MATLAB Versi 2012 sebagai acuan untuk memperoleh hasil penelitian.

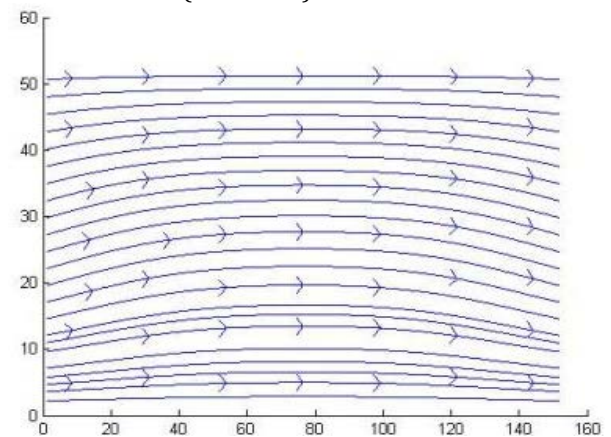
Contoh Model Listing Program Kasus Mek. Fluida Melalui Tiang Silinder.

```
>> % pemecahan stream line dengan
menggunakan metode
    eksplisit
>> % uji kasus pada aliran
melewati tiang silindengan
    dengan asumsi fluida ideal
>>
%(inviscous,incompresible, dan
steady)
>> % DJONI; GATOT
>> clear all
>> close all
>> jumlah_grid = 153;
>> hawal = 270
hawal = 270
>> vx = 10
vx = 10
>> vy = 0
vy = 0
>> % boundary condition untuk
screamlne dari aliran fluida
melewati celah
>> for i = 1: 53
    for j = 1 : 153
        s(1,j) = 20+vy*j;
        s(i,153)= 10+vx*i;
        s(i,1) = 10+vx*i;
        s(53,j) = 540+vy*j;
    end
```

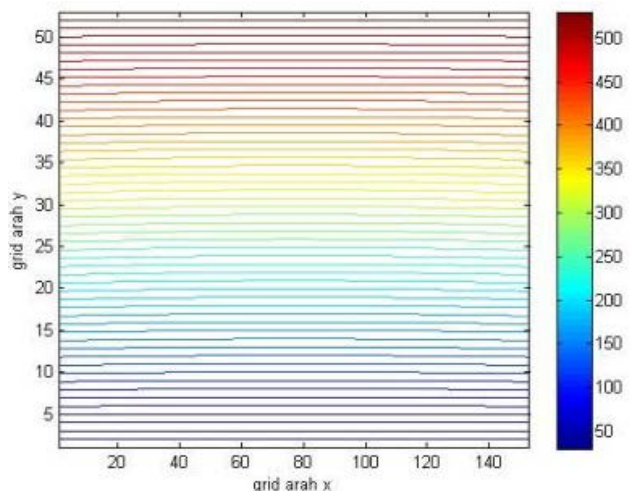
Contoh Gambar Hasil Simulasi Pendekatan Awal Aliran Fluida Melewati Tiang Silinder



Gambar 8. Output Hasil Pendekatan Numerik Untuk *Stream Function* dengan Kondisi Awal ($\Psi_{awal}=0$) Vektor Arus Untuk Kondisi Awal ($\Psi_{awal}=0$)

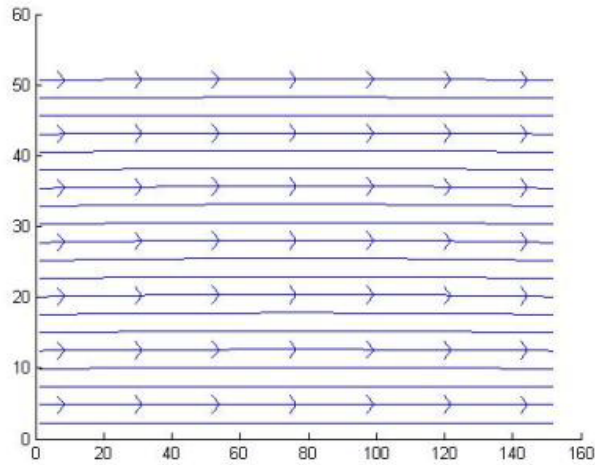


Gambar 9. Output Vektor Arus Untuk Kondisi Awal ($\Psi_{awal}=0$)

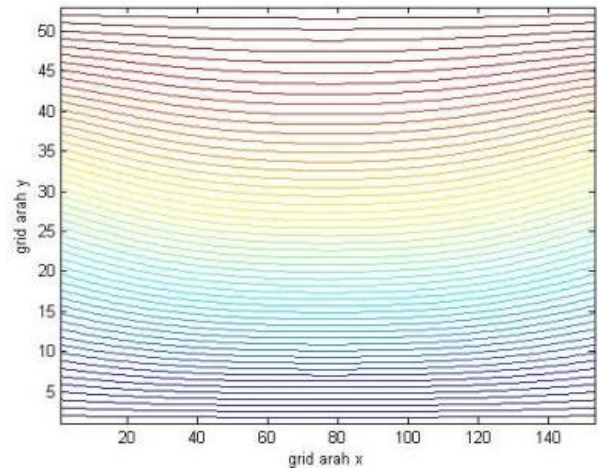


Gambar 10. Output Hasil Pendekatan Numerik Untuk *Stream Function* dengan Kondisi

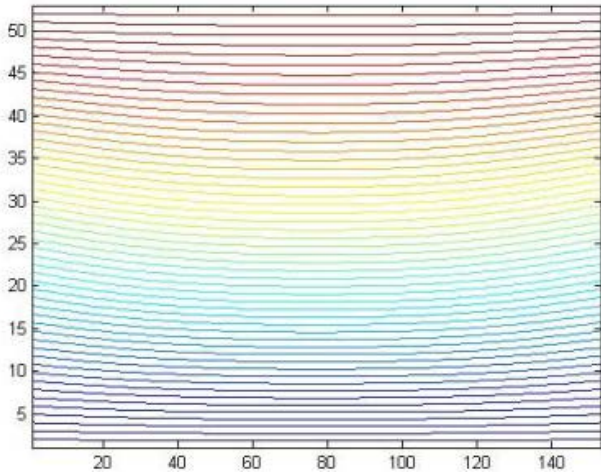
Awal ($\Psi_{awal} = 0$) Vektor Arus Untuk
Kondisi Awal ($\Psi_{awal} = 270$)



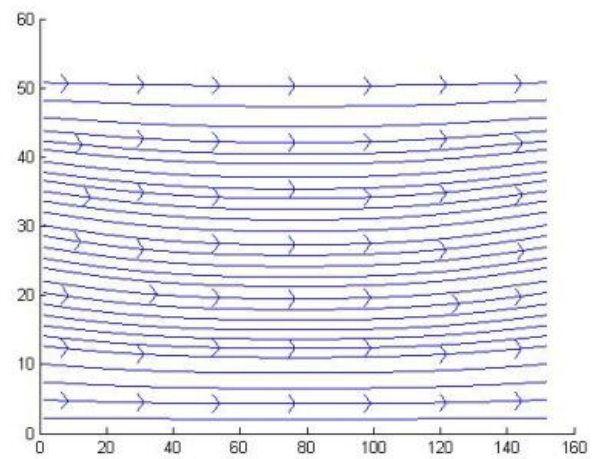
Gambar 11. Output Vektor Arus Untuk Kondisi Awal ($\Psi_{awal} 270$)



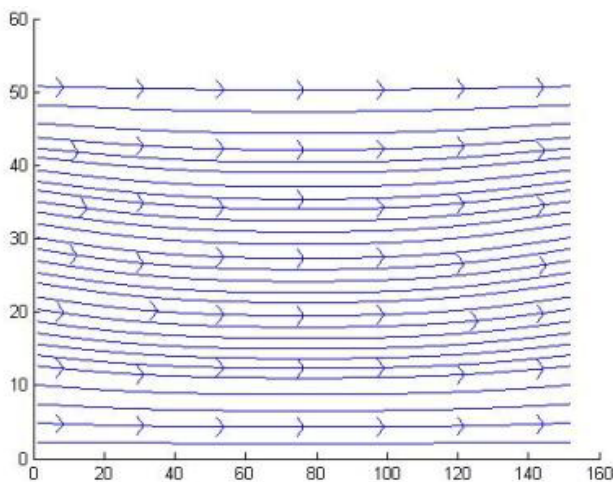
Gambar 14. Output Hasil Pendekatan Numerik Untuk *Stream Function* dengan Kondisi Awal ($\Psi_{awal} = 540$)



Gambar 12. Output Hasil Pendekatan Numerik Untuk *Stream Function* dengan Kondisi Awal ($\Psi_{awal} = 0$) Vektor Arus Untuk Kondisi Awal ($\Psi_{awal} = 430$)

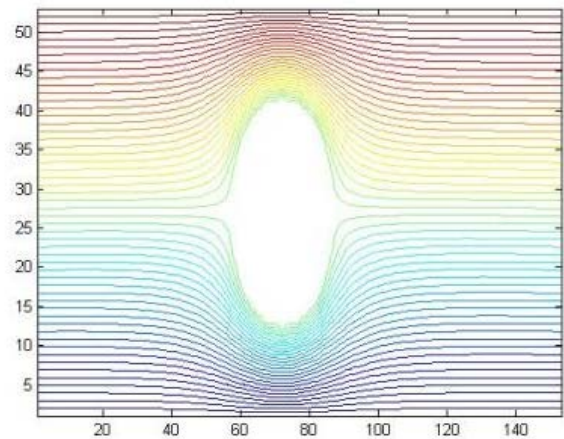


Gambar 15. Output Vektor Arus Untuk Kondisi Awal ($\Psi_{awal} 540$)

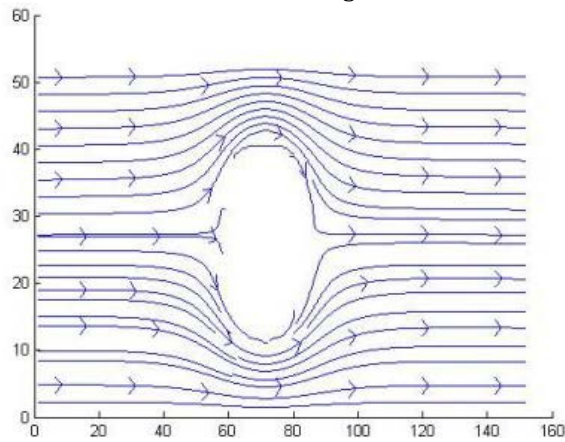


Gambar 13. Output Vektor Arus Untuk Kondisi Awal ($\Psi_{awal} 270$)

Contoh Gambar Hasil Simulasi Tiang Silinder Bawah Jembatan Kondisi Awal

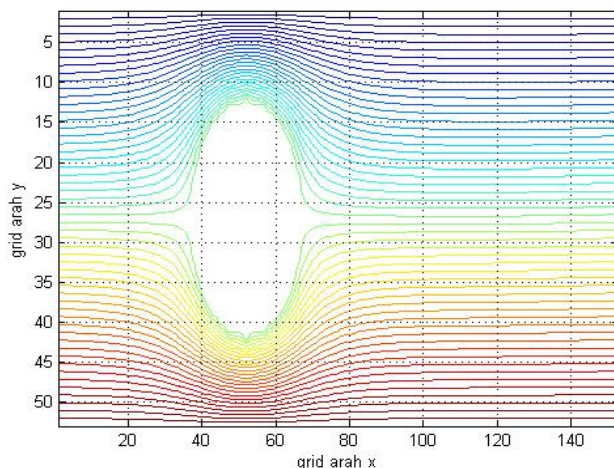


Gambar 16. Output Hasil Pendekatan Numerik Untuk Stream Function Pada Kasus Aliran Fluida Seragam

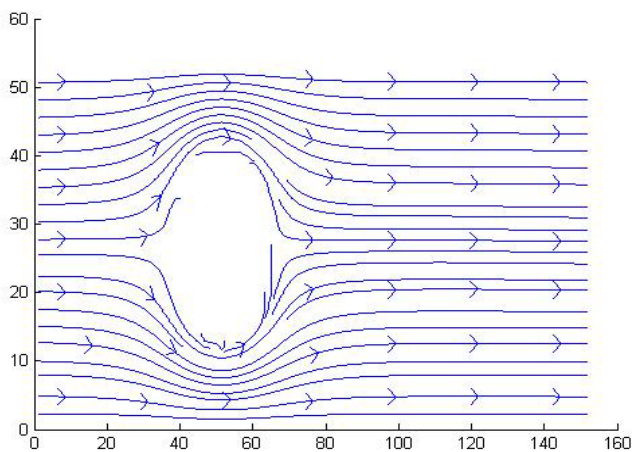


Gambar 17. Output Vektor Arus Pada Kasus Aliran Fluida Seragam Melewati Tiang Silinder

Tiang Silinder Di Geser 10 Grid Ke Depan



Gambar 18. Output streamlines Arus Pada Kasus Aliran Fluida Seragam Melewati Tiang Silinder yang telah di geser 10 grid Ke depan dari kondisi awal.



Gamabar 19. Tiang Silinder yang telah di geser 10 grid Ke depan dari kondisi awal.

KESIMPULAN

Bahwa program matlab versi 2012 dapat dikembangkan untuk memprediksi awal keruntuhan pondasi penyangga jembatan dengan berbagai ragam penempatan posisi penyangga beserta akibat dari pola aliran fluida yang terjadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Billy Gatot Setiyawan Triyanti A.

DAFTAR PUSATAKA

- Adhi Muhtadi, 2012, Daya Dukung Tanah, Jakarta
- Annual Book of ASTM Standard Section5, 1986, Race Street Philadelphia PA 10103 VolL 5.01; 5.02; 5.03; 5.04, 1916
- Erizal, 2012, Daya Dukung Tanah, Jakarta
- Erwin Kreyszig, 1988, *Advanced Engineering Mathematics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Gentio Harsono, 2012, Cuaca, ITB-Bandung
- Godam, 2012, Angin, Jakarta
- Gentio Harsono, 2012, Cuaca, ITB-Bandung
- Gentio Harsono, 2012, Cuaca, ITB-Bandung
- H. R. Vallentine, 1959, *Applied Hydrodynamics*, Butterworth & Co (publisher) limited, NewCastle.
- John D. Anderson, JR, 1995, *Computational FluidDynamics*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- John H. Mathews, Kurtis D. Fink, 1999, *Engineering Numerical Method Using Mat Lab*, Prentice Hall, upper Saddle River.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2008, Struktur Beton Bertulang, SNI 03-1726-2002, Jakarta
- Joel H. Ferziger, Miovean Peric, 1996, *Computational Fluid Dynamics*, SpringerInc, Verlag Berlin Heidelberg.
- Rolf H Sabersky, Allan J. Acosta Edward G Hauptenn, 1964, *Fluid Flow; a First Course in Fluid Mechanics*, Third Edition Macmillan Publishing Company, New York.
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.

- Tuah, H., 2003, *Hidraulika Pantai*, Penerbit ITB, Program Studi Kelautan ITB Bandung
- Hoffmann, K. A. 1989. *Computational Fluid Dynamics for Engineers*. The University of Texas at Austin, Texas.
- Kowalik, Z. and Murty, T. S. 1993. *Numerical Modeling of Ocean Dynamics*. World Scientific Publishing Co.Pte. Ltd. London
- J. Taborek, G. F. Dewitt, N. 1976, Afgan, Heat Exchanger Theory and Practice, Mc.Graw-Hill.
- Salmani, 2011, Teknologi pengaman sungai, Bandung.
- Scribd, 2012, Daya Dukung Tanah, Jakarta
- Setiyawan, Triyanti A, 2013, Metode Beda Hingga, Palu
- Tri Mulat Sunarjo, 1994, Pengelolaan Sumberdaya Air, PJI I Malang.
- Tri Mulat Sunarjo, 1991, Pembinaan Eksploitasi Pemeliharaan Sungai, Dir.Sungai.