



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor Sri Redjeki Pudjaprasetya

**PERAN MATEMATIKA DALAM MEMAHAMI
FENOMENA GELOMBANG TSUNAMI**

29 April 2016
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
29 April 2016

Profesor Sri Redjeki Pudjaprasetya

**PERAN MATEMATIKA DALAM MEMAHAMI
FENOMENA GELOMBANG TSUNAMI**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: PERAN MATEMATIKA DALAM MEMAHAMI
FENOMENA GELOMBANG TSUNAMI
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 29 April 2016.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama **7 (tujuh) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)**.
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama **5 (lima) tahun** dan/atau denda paling banyak **Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)**.

Hak Cipta ada pada penulis
Data katalog dalam terbitan

Sri Redjeki Pudjaprasetya
PERAN MATEMATIKA DALAM MEMAHAMI
FENOMENA GELOMBANG TSUNAMI
Disunting oleh Sri Redjeki Pudjaprasetya

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2016
vi+38 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-8468-91-6
1. Teknologi 1. Sri Redjeki Pudjaprasetya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas kasih dan karunia yang telah dilimpahkan sehingga naskah orasi ilmiah ini dapat diselesaikan. Pertama-tama, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang telah diberikan kepada kami, sehingga Orasi Ilmiah ini dapat terlaksana dengan baik.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul: '**Peran Matematika dalam Memahami Fenomena Tsunami**'. Pidato ini saya awali dengan uraian umum tentang gelombang air, serta model matematikanya, selanjutnya mengenai model numerik yang kami gunakan dan kembangkan. Bahasan terakhir mengenai fenomena gelombang tsunami merupakan hasil penelitian kami yang relatif masih baru.

Orasi ilmiah ini merupakan bentuk pertanggungjawaban akademis dan komitmen saya sebagai Guru Besar di bidang gelombang tak linier, bidang yang saya tekuni sejak menempuh pendidikan doktor di bidang Applied Mathematics, di University of Twente, Belanda. Akhir kata, saya berharap semoga karya ini dapat memberikan kontribusi bagi kemajuan pendidikan dan penelitian di Indonesia.

Bandung, 29 April 2016

Sri Redjeki Pudjaprasetya

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Gelombang air beserta model matematikanya	3
1.2 Tsunami	6
1.3 Peranan simulasi dalam memahami fenomena gelombang	7
1.4 Standar dan kriteria dari suatu model numerik	8
2. MODEL MATEMATIKA DAN SKEMA <i>STAGGERED GRID</i>	9
2.1 Persamaan air dangkal	10
2.2 Prinsip konservasi massa dan momentum pada metoda <i>staggered grid</i> bagi persamaan SWE.	10
2.3 Depth integrated Euler equations, hampiran dua-lapisan	14
2.4 Hasil-hasil simulasi	16
3. SIMULASI PEMBANGKITAN GELOMBANG (TSUNAMI)	18
3.1 Perilaku gelombang bergantung pada topografi	19
3.2 Propagasi gelombang tsunami menuju pantai Aceh	23
4. TANTANGAN KE DEPAN	26
5. PENUTUP	27
UCAPAN TERIMA KASIH	29
DAFTAR PUSTAKA	31
CURRICULUM VITAE	33

PERAN MATEMATIKA DALAM MEMAHAMI FENOMENA GELOMBANG TSUNAMI

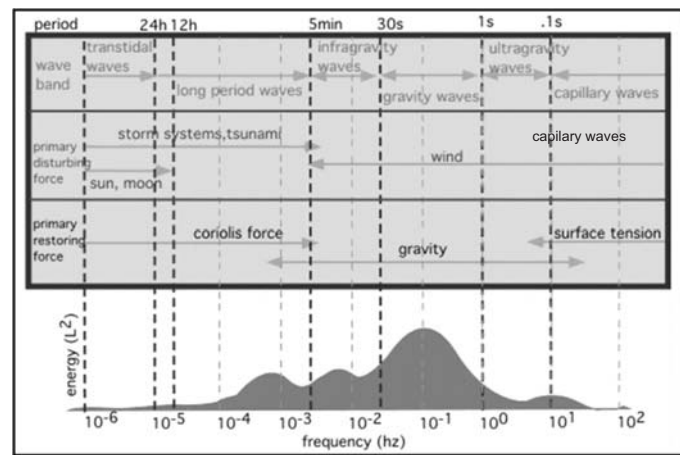
1. PENDAHULUAN

Kita semua tentu sudah mengenal dengan baik apa itu gelombang laut. Saat bertamasya ke pantai, biasanya kita senang main ombak, atau bahkan *surfing*. Jika kita amati, gelombang-gelombang tersebut mulai tampak di kejauhan, semakin dekat ke pantai gelombang tersebut makin besar, dan akhirnya gelombang pecah dan menyapu pantai. Pemain surfing biasanya ahli dalam mencermati gelombang yang hebat. Mereka dapat memperkirakan posisi yang tepat dimana gelombang nyaris pecah saat mereka harus mulai menunggang gelombang. Gelombang laut yang datang terus menerus ini kebanyakan dibangkitkan oleh angin. Angin yang berhembus di laut lepas, mentransfer energi ke permukaan air, dan membangkitkan gelombang angin. Besar kecilnya gelombang yang dihasilkan bergantung pada kecepatan angin, jarak serta lamanya angin tersebut berhembus.

Berbeda dengan gelombang angin yang mulai terbentuk di area laut dangkal dekat pantai, gelombang tsunami mulai terbentuk di area laut dalam. Di laut dalam, amplitudo tsunami hanya sekitar 60 cm, sehingga sering terjadi kapal dapat melewati tsunami tanpa menyadarinya. Namun panjang gelombang tsunami sangat besar, dapat mencapai 2-3 km (bandingkan dengan panjang gelombang angin yang hanya 100 m).

Sehingga tentunya perilaku gelombang tsunami dan gelombang angin sangat berbeda. Tabel pada Gambar 1 berikut menyajikan klasifikasi gelombang.

Secara geografis negara Indonesia terletak pada pertemuan beberapa lempeng tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Di bagian selatan dan timur Indonesia, memanjang dari Pulau Sumatera - Jawa - Nusa Tenggara - Sulawesi, terdapat sabuk vulkanik *Pacific ring of fire*. Dengan wilayah yang dipengaruhi oleh pergerakan lempeng tektonik ini, dapat dikatakan Indonesia merupakan daerah rawan tsunami.



Source http://w3.salemstate.edu/~lhanson/gls210/GLS210_coasts/waves

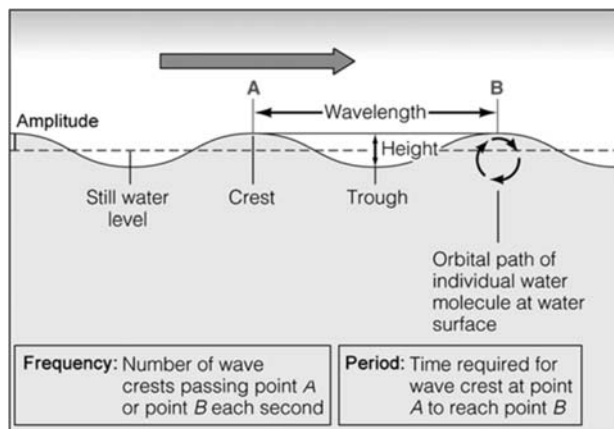
Gambar 1: Klasifikasi gelombang.

Menurut Badan Geologi, Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, terdapat 19 daerah di wilayah Indonesia yang teridentifikasi rawan gempa bumi dan tsunami. Wilayah-wilayah tersebut adalah pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, pantai utara dan selatan pulau-pulau Nusa Tenggara, pulau-pulau di Maluku, pantai utara Irian Jaya, serta hampir seluruh pantai di Sulawesi. Laut Maluku adalah daerah yang paling rawan tsunami.

Penelitian saya selama ini mengenai kajian gelombang air dengan fokus pada masalah gelombang gravitasi, yaitu gelombang yang gaya pemulihnya adalah gaya gravitasi. Salah satu gelombang gravitasi yang penting serta memiliki *impact* yang luas adalah gelombang panjang, termasuk di sini *swell* dan tsunami. Saat gelombang angin tiba di pantai, akibat pecahnya gelombang, energinya telah berkurang karena berubah menjadi energi suara, energi panas, atau lainnya. Namun gelombang panjang *swell* berbeda, gelombang ini dapat mencapai pantai tanpa terpecah, serta menghantam pantai dengan energi penuh.

1.1 Gelombang air beserta model matematikanya

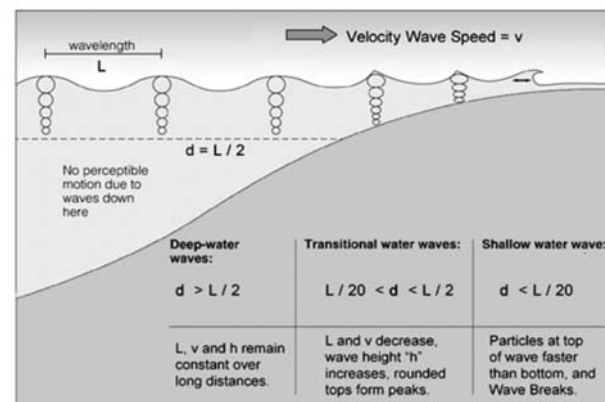
Gelombang air adalah pola naik turunnya muka air yang berpropagasi sepanjang permukaan air. Gelombang laut berpropagasi menuju ke pantai, mentransmisikan energi yang berasal dari gangguan awal, tanpa disertai perpindahan dari medium (dalam hal ini medium air), lihat Gambar 2.



Source: <http://science.kennesaw.edu>

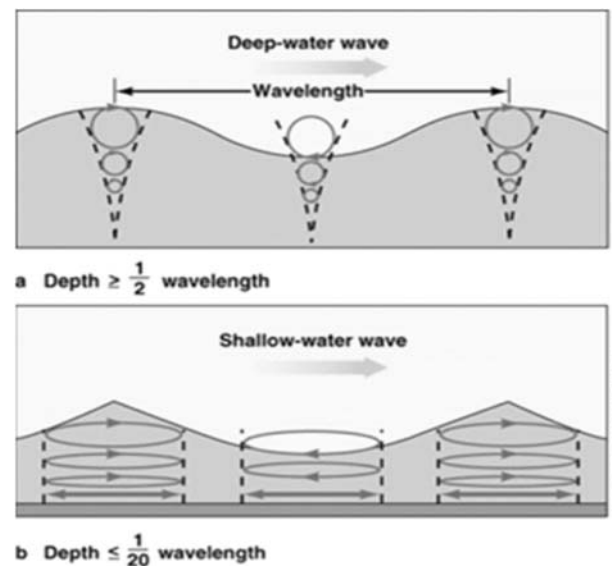
Gambar 2: Sketsa gelombang serta istilah yang digunakan.

Gelombang yang berpropagasi menuju pantai melalui topografi yang bentuk tipikalnya disajikan pada Gambar 3. Sebagai akibat dari berkurangnya kedalaman, maka kecepatan gelombang juga berkurang. Mengingat fluks energi harus konstan, sebagai kompensasinya amplitudo gelombang bertambah, dan panjang gelombang berkurang, peristiwa ini dikenal sebagai *shoaling*. Di area laut dangkal, gerak partikel fluida didominasi oleh komponen kecepatan arah horisontal, sehingga komponen arah vertikal diabaikan, lihat Gambar 4.



Source: <http://science.kennesaw.edu>

Gambar 3: Ilustrasi domain keberlakuan model persamaan yang bergantung pada rasio kedalaman d dan panjang gelombang L.



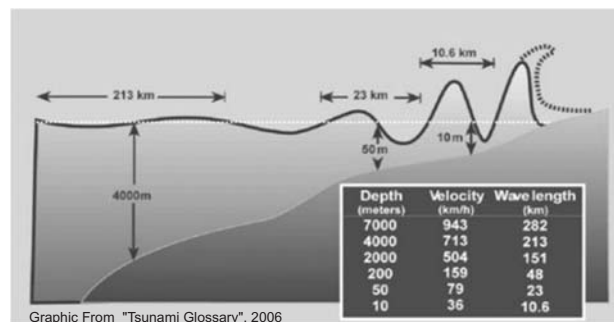
Source <http://www4.ncsu.edu/~ceknowle/Envisions/chapter10copy/part1.html>

Gambar 4: Ilustrasi gerakan partikel fluida dalam kasus gelombang pada air dalam dan air dangkal.

Meski relatif sederhana, model air dangkal memiliki aplikasi yang cukup luas, misalnya untuk diskripsi aliran fluida di sungai, atau danau, selain itu banyak digunakan untuk diskripsi gelombang panjang (termasuk gelombang tsunami) atau gelombang laut di sekitar pantai. Juga merupakan model yang sesuai untuk simulasi peta banjir. Di area laut dalam model air dangkal sudah tidak berlaku, mengingat pada area ini lintasan partikel fluida nyaris berupa lingkaran. Model yang sesuai adalah persamaan Euler, yang tak lain merupakan persamaan Navier Stokes bagi fluida tak kental dengan temperatur konstan

1.2 Tsunami

Istilah tsunami dalam Bahasa Jepang ditulis 津波, yang memiliki arti *harbour wave*. Tsunami adalah deretan gelombang atau *surges* yang biasanya dibangkitkan oleh gempa bumi dasar laut. Gelombang tsunami tidak seperti gelombang yang biasa kita temui, gelombang ini dapat



Gambar 5: Di area yang lebih dangkal, kecepatan gelombang serta panjang gelombang berkurang, namun amplitudonya bertambah secara signifikan. Peristiwa ini disebut *shoaling*.

menghantam pantai dengan energi yang sangat besar. Hempasan tsunami bisa sangat dahsyat, menimbulkan kerusakan dan kehancuran pantai hingga area yang sangat luas. Bencana tsunami datangnya tiba-tiba, namun beberapa hal berikut dapat menjadi pertanda datangnya tsunami seperti, tanah bergetar, laut bergemuruh, ataupun air laut yang surut dan mengekspos dasar laut. Untuk mengurangi korban jiwa, keberadaan *tsunami warning system* yang berfungsi dengan baik sangatlah diperlukan.

1.3 Peranan simulasi dalam memahami fenomena gelombang

Pada era teknologi maju seperti saat ini, sudah sewajarnya manusia memanfaatkan teknologi sebaik-baik guna menghadapi bencana tsunami. Hal-hal tersebut menyangkut peningkatan tsunami dan seismic sensor data, juga infrastruktur untuk perbaikan sistim peringatan dini. Saat ini simulasi komputer sudah merupakan bagian penting untuk mengkaji permasalahan di berbagai bidang ilmu termasuk mitigasi bencana.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) adalah sebuah badan ilmiah yang berpusat di Amerika Serikat, yang fokus menangani permasalahan seputar laut dan atmosfer. Badan ini dibentuk untuk memberikan perlindungan yang lebih baik terhadap nyawa dan harta benda dari ancaman bencana alam. Untuk keperluan itu, di beberapa lokasi di Samudera Pasifik telah dipasang tsunameter, yaitu alat sejenis buoy guna memonitor kedatangan tsunami. Segera sesudah tsunameter mendeteksi adanya kejadian tsunami, software numerik diharapkan dapat segera melakukan perhitungan untuk memprediksi dampak tsunami di area sekitarnya. Prediksi semacam ini diperlukan agar

sistim peringatan dini dapat memberikan peta dampak tsunami untuk keperluan evakuasi penduduk di sekitar pantai.

Meskipun software aplikasi untuk menyelesaikan persamaan Navier Stokes telah banyak tersedia, namun untuk kebutuhan sistim peringatan dini, komputasi menggunakan persamaan Navier Stokes akan memerlukan perhitungan yang relatif lama. Selain itu, belum ada validasi akan keberlakuan model ini untuk berbagai kejadian tsunami. Untuk keperluan prediksi informasi yang cepat dan tepat, serta menyusun peta dampak tsunami, diperlukan model numerik yang dapat melakukan perhitungan dengan cepat dan akurat. Hasil riset intensif selama sepuluh tahun terakhir merekomendasikan bahwa dampak dari tsunami dapat diperoleh dengan cukup akurat melalui *depth-integrated equations*, dengan komputasi yang jauh lebih efisien dibandingkan persamaan Navier-Stokes. Penelitian kami (Pudjaprasetya S. M., 2016) adalah mengenai hampiran dua lapisan bagi persamaan *depth integrated Euler equations*.

1.4 Standar dan kriteria dari suatu model numerik

Suatu model numerik perlu melalui serangkaian uji validasi dan verifikasi. Tahap validasi adalah untuk memastikan bahwa model numerik dapat memberikan hasil yang sesuai dengan hasil analitiknya. Tahap verifikasi adalah untuk memastikan bahwa model numerik dapat memberikan hasil yang baik untuk rentang permasalahan yang cukup lebar. Pada tahap pengujian model numerik, seringkali diperlukan hasil-hasil kajian analitik. Sebaliknya, terkadang model numerik dapat digunakan untuk mensimulasikan berbagai kasus lain yang menstimulasi

munculnya pertanyaan-pertanyaan baru. Dengan demikian, kajian numerik dan analitik seyogyanya dilakukan seiring dan sejalan.

Saat ini penelitian terkait metoda numerik bagi persamaan air dangkal sudah banyak berkembang. Namun penelitian terkait skema numerik yang efisien bagi persamaan Euler masih merupakan topik penelitian yang menarik untuk dikaji.

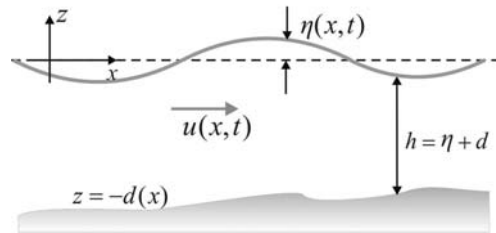
2. MODEL MATEMATIKA DAN SKEMA STAGGERED GRID

Fokus penelitian grup kami adalah pada kajian analitik dan numerik masalah gelombang air. Model numerik yang kami gunakan tergolong sebagai *depth-integrated Euler equations*, dimana kami mengkaji hampiran satu atau dua lapisan. Model numerik ini adalah suatu varian dari metoda numerik yang dikembangkan oleh (Stelling G. Z., 2003). Metoda ini benar-benar efisien dan robust, serta dapat memperhitungkan efek tak linier serta efek dispersi dengan seimbang.

Pada uraian selanjutnya akan dibahas persamaan-persamaan yang melandasi model numerik yang dikembangkan. Bahasan diawali dengan persamaan air dangkal beserta metoda numerik pada *grid staggered*. Metoda ini terbukti sangat efisien dan efektif serta dapat mensimulasikan dengan tepat berbagai situasi aliran. Skema staggered ini nantinya dapat dimodifikasi guna mendeskripsikan gelombang pada kedalaman sedang. Skema ini juga digunakan pada banyak software lain seperti: swash, comcot, coulwave, openfoam, fluent, dan sebagainya.

2.1 Persamaan air dangkal

Persamaan air dangkal/Shallow Water Equations (SWE) merupakan gabungan dari persamaan konservasi massa, dan kesetimbangan momentum. Kecepatan partikel fluida yang diperhitungkan hanya arah horizontal, dan dinotasikan sebagai $u(x,t)$. Simpangan permukaan air dari kondisi setimbang dinyatakan sebagai $\eta(x,t)$ sedangkan topografi dasar $z = -d(x)$. Sehingga tebal lapisan air menjadi $h(x,t) = \eta(x,t) + d(x)$, lihat Gambar 6.



Gambar 6: Sketsa persamaan air dangkal beserta notasi yang digunakan.

Selanjutnya perhatikan persamaan SWE berikut

$$h_t + (hu)_x = 0$$

$$(hu)_t + \left(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2\right)_x = -d_x gh - C_f |u|u,$$

dengan C_f menyatakan koefisien gaya gesek.

2.2 Prinsip konservasi massa dan momentum pada metoda *staggered grid* bagi persamaan SWE.

Untuk simulasi berbagai masalah terkait aliran air dangkal, dasar dari

metoda numerik yang kami gunakan adalah metoda *leapfrog finite difference*, yang diterapkan pada *staggered grid*. Metoda ini mempertahankan prinsip-prinsip dasar konservasi, sehingga tergolong sebagai metoda finite volume. Namun, jika dibandingkan metoda finite volume klasik, metoda ini relatif lebih mudah dan sangat efisien.

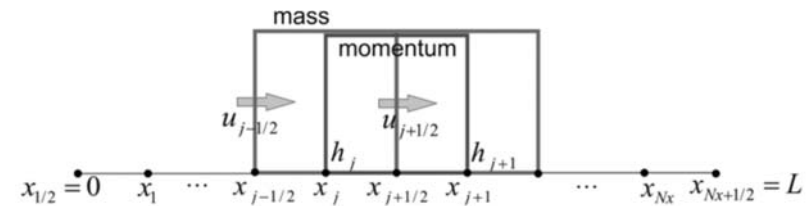
Misalkan domain komputasi yang dipilih $[0,L]$. Jika domain tersebut dipartisi menjadi $2N_x$ selang bagian dengan titik-titik partisi $x_{1/2} = 0, x_1, x_{3/2}, \dots, x_{j-1/2}, x_j, x_{j+1/2}, \dots, x_{N_x+1/2} = L$. Di sini, variabel η dihitung di titik grid penuh, sedangkan variabel u dihitung di titik grid tengahan, lihat Gambar 7.

Berikut ini adalah model diskrit yang digunakan

$$\frac{h_j^{n+1} - h_j^n}{\Delta t} + \frac{{}^*hu_{j+1/2} - {}^*hu_{j-1/2}}{\Delta x} = 0$$

$$\frac{u_{j+1/2}^{n+1} - u_{j+1/2}^n}{\Delta t} + adv_{j+1/2} + \frac{g(\eta_{j+1} - \eta_j)}{\Delta x} = 0$$

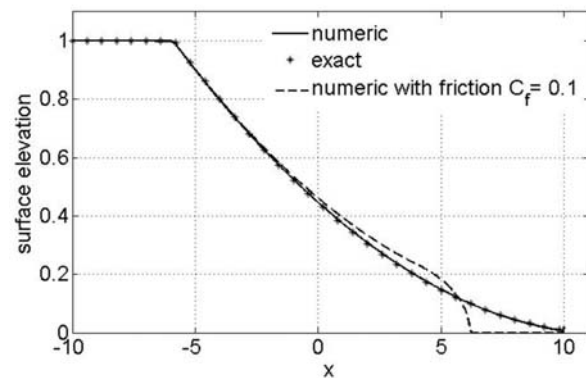
dimana ${}^*h_{j+1/2} = h_j$ jika $u_{j+1/2} > 0$ dan ${}^*h_{j+1/2} = h_{j+1}$ jika $u_{j+1/2} < 0$.



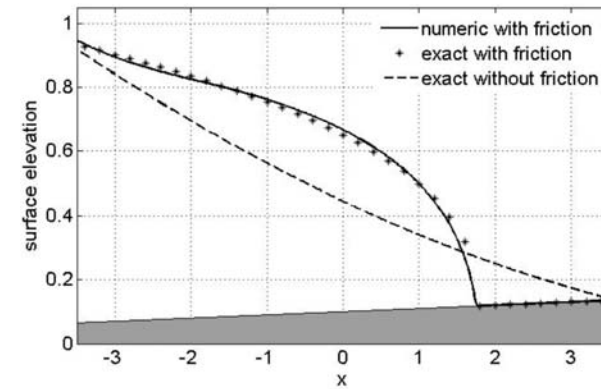
Gambar 7: Ilustrasi titik-titik partisi pada domain perhitungan $[0,L]$ beserta lokasi titik-grid η dan $u_{j+1/2}$.

Perhatikan bahwa persamaan pertama tak lain adalah versi disrit dari konservasi massa pada sel $[x_{j-\frac{1}{2}}, x_{j+\frac{1}{2}}]$, sedangkan kesetimbangan momentum diformulasikan pada sel momentum $[x_j, x_{j+1}]$. Suku adveksi $adv_{j+1/2}$ dihitung menggunakan hampiran momentum konservatif. Uraian lengkap dari metoda ini dapat dilihat pada (Stelling G. D., 2003). Pendekatan ini jauh lebih sederhana dibanding dengan metoda finite volume konvensional. Selanjutnya, dapat pula dibuktikan bahwa skema ini bebas damping dan berorde dua.

Berikut ini disajikan hasil simulasi *dambreak dry bed* sebagai *test case*. Dengan skema ini, simulasi *dambreak dry bed* dapat diperoleh dengan relatif mudah. Di sini disajikan hasil simulasi bersama-sama dengan solusi analitiknya untuk kasus dasar rata, dan dasar dengan kemiringan relatif landai. Uraian lengkap dari kasus ini dapat dilihat pada (Pudjaprasetya S. M., 2014).



Gambar 8: Simulasi *dambreak* saat $t = 1.8$ det untuk kasus dasar rata, dengan dan tanpa gesekan.



Gambar 9: Simulasi *dambreak dry bed* dengan kemiringan landai.

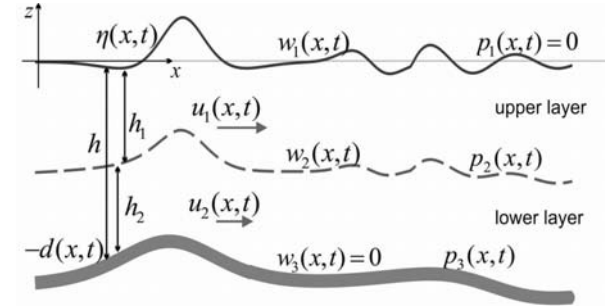
Skema numerik yang kami gunakan ini bersifat *robust*, yang berarti mudah untuk dimodifikasi serta disesuaikan untuk berbagai situasi, sesuai dengan permasalahan fisisnya. Metode ini bersumber pada metode leapfrog pada grid staggered. Melalui serangkaian riset bersama mahasiswa S3, metode ini telah banyak kami analisa dan kembangkan. Aspek-aspek konservatif seperti *entropy* dan *well-balanced* dari metoda numerik ini telah dibahas pada disertasi Dr. Putu Harry Gunawan, yang telah menuntaskan program Double Degree Indonesia Perancis (DDIP) dengan saya sebagai pembimbing bersama Prof. Robert Eymard. Pengembangan dari metoda grid staggered ini serta formulasinya bagi persamaan *depth integrated equations* adalah kajian utama dari disertasi Dr. Ikha Magdalena. Keberhasilan metoda ini memberi kami peluang riset yang jauh lebih luas. Aplikasi metoda ini pada peristiwa pembangkitan gelombang tsunami, propagasi serta runup, merupakan topik disertasi Sugih S. Tjandra dan Novry Erwina, yang sedang berjalan.

2.3 Depth integrated Euler equations, hampiran dua-lapisan

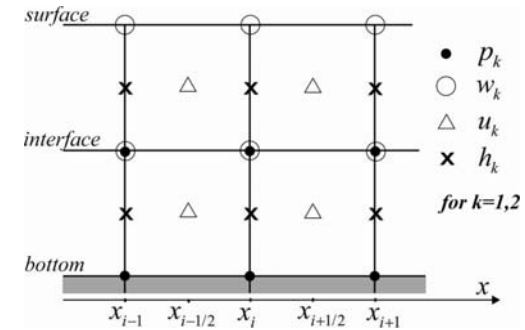
Mengingat domain keberlakuan persamaan SWE adalah untuk area air dangkal, maka untuk area laut dengan kedalaman sedang atau laut dalam, kita perlu meninjau persamaan Euler 2D berikut

$$\begin{aligned} u_t + uu_x + ww_z + g\eta_x + q_x &= 0, \\ w_t + ww_x + ww_z + q_z &= 0, \\ u_x + w_z &= 0. \end{aligned}$$

Domain keberlakuan persamaan ini adalah pada seluruh daerah interior fluida. Pada subbab ini akan diuraikan metoda staggered grid guna menyelesaikan persamaan depth integrated Euler, dengan memperhitungkan tekanan hidrodinamik. Pada tinjauan kali ini domain vertikal dibagi menjadi dua lapisan. Grid yang digunakan adalah *staggered grid*, sedangkan pengintegralan terhadap z menggunakan metoda Keller-box. Ilustrasi hampiran dua lapisan pada domain fluida disajikan pada Gambar 10. Sedangkan lokasi dari variabel yang digunakan disajikan pada Gambar 11. Perhatikan bahwa dengan pemilihan lokasi variabel ini, syarat batas tekanan hidrodinamik $p(x,t)=0$ di sepanjang permukaan, serta syarat batas kaku $w(x,t)$ sepanjang topografi dapat dipenuhi secara eksak. Ini merupakan kunci utama yang mengakibatkan metoda ini sangat efisien.



Gambar 10: Domain fluida pada hampiran dua lapisan



Gambar 11: Grid staggered beserta posisi dari variabel yang dihitung untuk setiap iterasi waktu.

Berikut adalah skema semi diskrit dari hampiran dua lapisan:

$$\begin{aligned} \frac{dh_j}{dt} + \frac{h_{1,j+\frac{1}{2}}u_{1,j+\frac{1}{2}} - h_{1,j-\frac{1}{2}}u_{1,j-\frac{1}{2}}}{\Delta x} + \frac{h_{2,j+\frac{1}{2}}u_{2,j+\frac{1}{2}} - h_{2,j-\frac{1}{2}}u_{2,j-\frac{1}{2}}}{\Delta x} &= 0 \\ \frac{du_{k,j+\frac{1}{2}}}{dt} + (u_k \partial_x u_k)|_{j+\frac{1}{2}} + g \frac{\eta_{j+1} - \eta_j}{\Delta x} &= -\frac{p_{k,j+1} - p_{k,j}}{2\Delta x} - \frac{p_{k+1,j+1} - p_{k+1,j}}{2\Delta x} \\ \frac{1}{2} \frac{dw_{k,j}}{dt} + \frac{1}{2} \frac{dw_{k+1,j}}{dt} &= -(p_{k,j} - p_{k+1,j})/h_{k,j}, \\ w_{1,j} + w_{2,j} + h_{1,j} \left(u_{1,j+\frac{1}{2}} - u_{1,j-\frac{1}{2}} \right) / \Delta x + 2h_{2,j} \left(u_{2,j+\frac{1}{2}} - u_{2,j-\frac{1}{2}} \right) / \Delta x &= 0, \end{aligned}$$

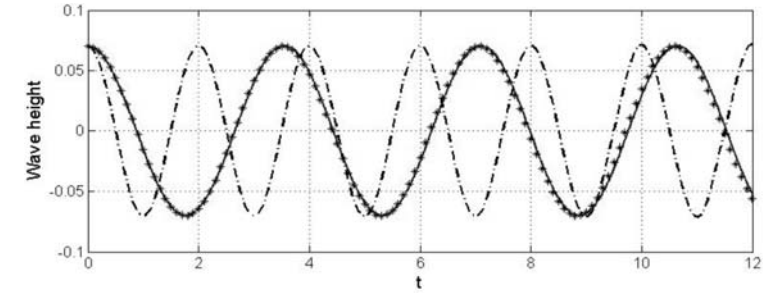
Uraian yang lebih rinci dari model hampiran ini dapat dilihat pada (S.R. Pudjaprasetya I. M., 2016)

2.4 Hasil-hasil simulasi

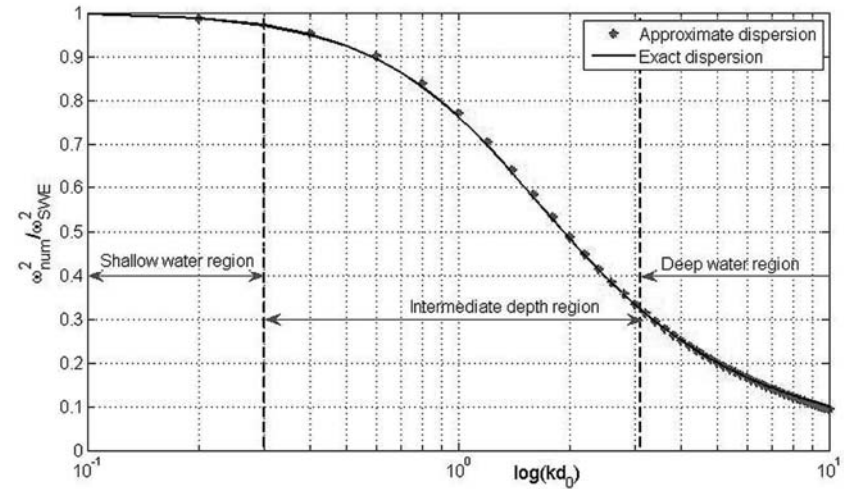
Pada subbab ini, model numerik diuji menggunakan beberapa *testcase*, khususnya yang melibatkan efek dispersi.

Untuk simulasi seiches, dipilih syarat awal $\eta(x,0) = a \cos kx$, $u(x,0) = 0$ dengan $a = 0.1$, $k = \pi/L$ pada basin dengan kedalaman $d_0 = 10$. Syarat awal tersebut digunakan untuk menguji skema non-hidrostatik dua lapisan yang diformulasikan di atas. Parameter yang digunakan di sini sengaja dipilih agar gelombang yang dihasilkan bersifat dispersif (karena $kd_0 = \pi$), dan nyaris linier (karena $a/d_0 = 0.01$, sangat kecil). Gambar 12 menyajikan data gelombang di posisi $x = 17.5$ sebagai fungsi waktu, yang menunjukkan bahwa hasil perhitungan menggunakan skema non-hidrostatik dua lapisan sesuai dengan solusi analitik $\eta(17.5, t) = a \cos(k * 17.5 - \omega t)$, dengan frekuensi $\omega_{exact}^2 = gk \tanh kd_0$. Sedangkan jika syarat awal yang sama dihitung menggunakan skema staggered grid SWE, akan dihasilkan gelombang dengan frekuensi yang salah, yaitu $\omega_{SWE}^2 = k^2 g d_0$.

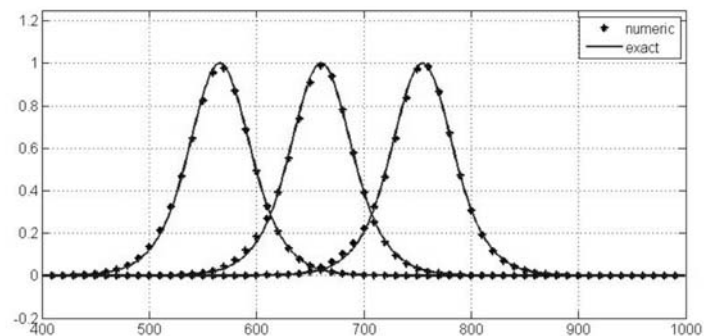
Selanjutnya jika dicari relasi dispersi dari skema non-hidrostatik dua lapisan, maka diperoleh $\omega_{num}^2 / \omega_{SWE}^2 = \frac{16(16 + (kd_0)^2)}{(kd_0)^4 + 96(kd_0)^2 + 256}$. Gambar 13 menunjukkan kurva relasi dispersi $\omega_{num}^2 / \omega_{SWE}^2$ yang dapat mengaproksimasi dengan baik relasi dispersi analitik $\omega_{exact}^2 / \omega_{SWE}^2$. Dengan demikian dapat disimpulkan skema non-hidrostatik dua lapisan dapat menggarap gelombang dispersif dengan benar.



Gambar 12: Simulasi *standing wave* dengan syarat awal $\eta(x, 0) = 0.1 \cos \frac{\pi x}{10}$ pada kedalaman $d_0 = 10$ m, dihitung dengan tiga cara: model hidrostatik (*dash dot*), model non-hidrostatik (*stars*), dan analitik (*solid line*).



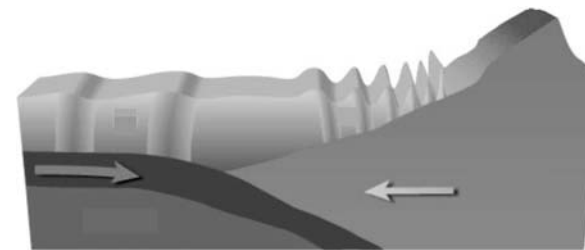
Gambar 13: Relasi dispersi dari skema non-hidrostatik dua lapisan $\omega_{num}^2 / \omega_{SWE}^2$ dibandingkan dengan relasi dispersi eksak $\omega_{exact}^2 / \omega_{SWE}^2$.



Gambar 14: Simulasi gelombang soliter yang berpropagasi dengan kecepatan konstan, tanpa berubah bentuk. Hasil ini menunjukkan bahwa skema staggered dua lapisan dapat mensimulasikan dispersi dan non-linearitas dengan seimbang.

3. SIMULASI PEMBANGKITAN GELOMBANG AKIBAT DASAR BERGERAK

Saat gempa atau pergeseran lempeng terjadi, gerakan dasar laut akan mendorong massa air di atasnya, dan mengakibatkan munculnya gelombang permukaan. Setelah terbentuk, gelombang ini akan berpropagasi ke sekelilingnya dalam bentuk deretan gelombang panjang, dengan amplitudo relatif kecil. Deretan gelombang ini melintasi samudera dengan kecepatan tinggi hingga mencapai sekitar 500 - 700 km/jam. Gelombang ini terus berpropagasi menuju ke pantai, dalam perjalanannya, gelombang melintasi *shelf* dan mengalami efek shoaling: amplitudo bertambah, panjang gelombang dan kecepatannya berkurang. Saat mencapai pantai, gelombang ini masih merupakan gelombang panjang, dan seperti yang kita ketahui, gelombang tsunami akan menghantam pantai dengan energi dahsyat.



Source: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tsunami/generation.html>

Gambar 15: Sketsa gerakan dasar yang memunculkan gelombang permukaan (tipe gelombang panjang/swell). Gelombang ini muncul secara berurutan, gelombang pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya.

Beberapa catatan kejadian tsunami menunjukkan bahwa perilaku gelombang tsunami saat mencapai pantai berbeda-beda. Perilaku gelombang tsunami ini diduga bergantung pada pola gerakan dasar yang berbeda, juga topografi laut yang berbeda pula. Kecuraman dari *shelf* yang berbeda dapat memberikan impact yang sangat berbeda (Madsen, 2007).

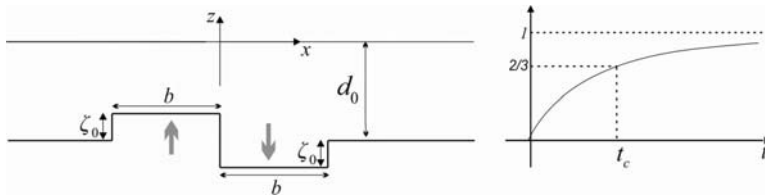
3.1 Perilaku gelombang bergantung pada topografi

Pergerakan lempeng bumi dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu, gerakan lempeng bergeser (sesar), lempeng terbelah, atau subduksi (kedua lempeng bergesekan sehingga salah satu lempeng berada di bawah lempeng yang lain). Uraian berikut akan difokuskan pada kajian gelombang permukaan air yang terbentuk akibat gerakan dasar subduksi. Setelah terbentuk, gelombang permukaan ini akan merambat ke sekeliling. Selama berpropagasi di area laut dalam, akibat sifat dispersif, gelombang akan mengalami perubahan bentuk, yang secara *crucial* bergantung pada topografi yang dilintasi gelombang.

Model numerik yang kami kembangkan dapat secara langsung digunakan untuk mensimulasikan gerakan topografi. Terkait hal ini telah dilakukan validasi dengan data eksperimen (Hammack, 1973). Penelitian kami terkait hal ini telah dipublikasikan pada (Tjandra, 2015). Di sini, bahasan difokuskan pada ulasan satu dimensi, dan gerakan topografi berupa subduksi dimodelkan sebagai fungsi anti-simetri. Perubahan dari kedalaman rata d_0 kebentuk anti-simetri diasumsikan terjadi secara mendadak, dan dimodelkan sebagai fungsi eksponensial $(1-e^{-at})$, dengan $a=\ln 3/t_c$, dengan t_c menyatakan waktu karakteristik. Berikut adalah formula eksplisit bagi gerakan dasar yang digunakan

$$d(x, t) = d_0 - \zeta_0(1 - e^{-at})H(b^2 - x^2),$$

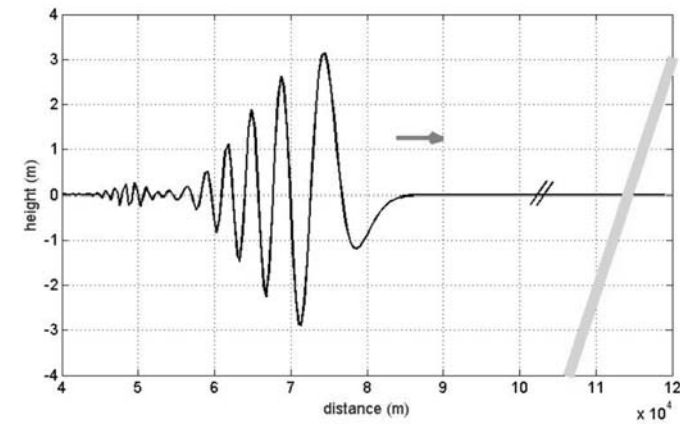
seperti diilustrasikan pada Gambar 16, dengan H adalah fungsi tangga satuan.



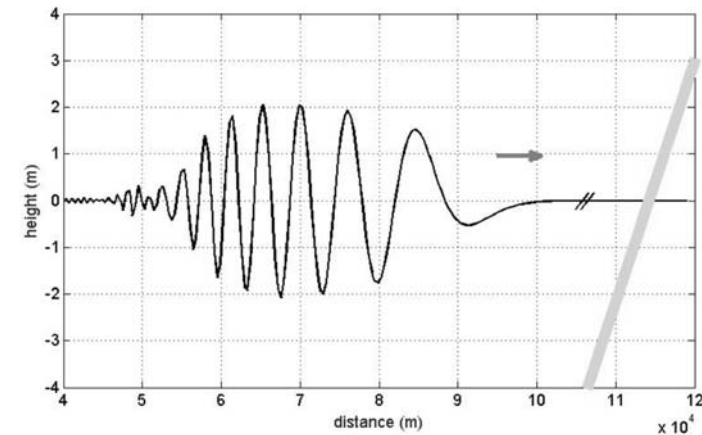
Gambar 16: (Kiri) sketsa gerakan dasar anti-simetri, (kanan) plot fungsi $(1 - e^{-at})$.

Pada simulasi, fungsi anti-simetrik $d(x,t)$ digunakan sebagai pembangkit gelombang permukaan, dengan pilihan parameter-parameter berikut $b = 1919.4$ m, $\zeta_0 = 10$ m, $g = 9.81$ m/sec². Parameter waktu karakteristik dipilih $t_c = 2$ sec yang merepresentasikan topografi dasar yang berubah secara seketika.

Perhitungan dilakukan untuk dua pilihan topografi rata, yaitu $d_0 = 600$

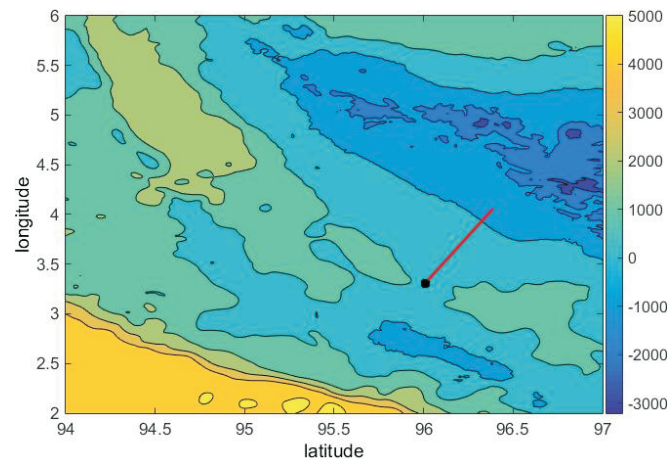


Gambar 17: Gelombang permukaan yang terbentuk, dan berpropagasi pada kedalaman konstan $d_0 = 600$ m.



Gambar 18: Gelombang permukaan yang terbentuk, dan berpropagasi pada kedalaman konstan $d_0 = 1100$ m.

m (kedalaman menengah), dan $d_0 = 1100$ m (laut dalam). Gambar 17 dan 18 menampilkan hasil simulasi untuk komponen gelombang yang bergerak ke kanan. Pada kedua kasus di atas, gerakan dasar memicu munculnya deretan gelombang yang didahului dengan gelombang negatif. Hasil ini kurang lebih dapat menjelaskan fenomena kedatangan tsunami yang seringkali diawali dengan garis pantai yang surut, dan mengekspos dasar laut yang biasanya terendam air. Perlu dicatat bahwa terbentuknya deretan gelombang ini baru dapat diperoleh jika kita menggunakan model dispersif. Sedangkan jika kita menggunakan model non-dispersif, maka gelombang yang berpropagasi akan serupa dengan gerakan topografi (dalam kasus ini berupa fungsi anti-simetri).



Gambar 19: Topografi laut di sekitar Aceh, diperoleh dari NOAA. Pusat gempa Laut Hindia 2004 ditandai sebagai titik hitam.

Pada hasil simulasi untuk kedalaman $d_0 = 600$ m, gelombang pertama, memiliki amplitudo terbesar, diikuti dengan gelombang kedua, ketiga

dan seterusnya dengan amplitudo yang berkurang. Perbedaan hasil secara kualitatif teramati dari simulasi pada kedalaman $d_0 = 1100$ m. Sebagai akibat efek dispersif yang lebih kuat pada area laut dalam, amplitudo gelombang pertama bukanlah yang terbesar, amplitudo gelombang kedua lebih besar, dan amplitudo gelombang ketiga yang paling maksimum. Jika deretan gelombang semacam ini tiba di pantai, hantaman gelombang ketigalah yang paling dahsyat. Fenomena seperti ini tercatat di literatur (Bryant, 2008) pernah ditemui pada kejadian tsunami di Afrika, di tahun 1868, juga pada kejadian tsunami di Hilo, Hawaii di tahun 1946.

3.2 Propagasi gelombang tsunami menuju pantai Aceh

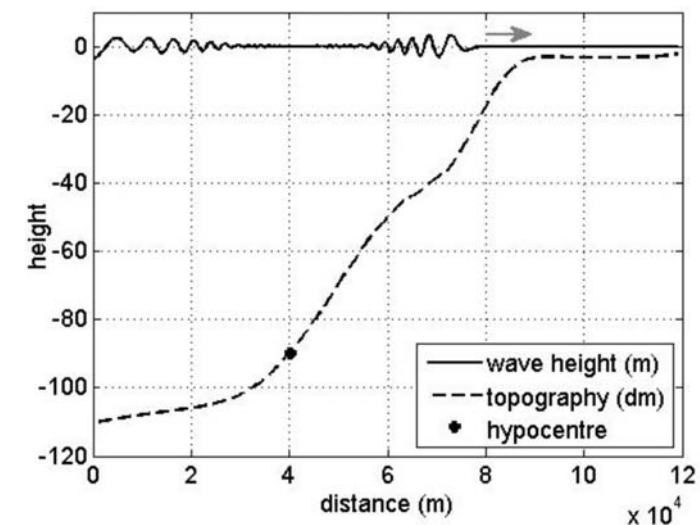
Pada tanggal 26 Desember 2004 tepatnya pukul 7.58 WIB di Samudra Hindia terjadi gempa berkekuatan 9.1 - 9.3 Mw yang memicu timbulnya gelombang tsunami dahsyat dan menelan banyak korban jiwa. Menurut catatan (Bryant, 2008) gerakan subduksi antar lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia pada lokasi 95.9°E, 3.3° N di kedalaman sekitar 30 km mengakibatkan dasar laut terangkat sejauh 1 - 2 m dan memindahkan air hingga 30 km³. Energi yang dilepaskan gempa ini sangat besar, mencapai 1.1 x 10¹⁸ Joule dan mengirimkan bencana tsunami ke daerah-daerah di sekitar Samudra Hindia. Gelombang tsunami pertama tiba di Banda Aceh, hanya 10 menit setelah peristiwa gempa, laut di Pantai Aceh surut. Tiga menit berikutnya gelombang setinggi 5 m tiba dan menabrak pantai. Lima menit kemudian, gelombang kedua yang jauh lebih tinggi, sekitar 15 - 30 m menghantam pantai. Tak banyak saksi hidup yang dapat melaporkan tentang gelombang ketiga dan seterusnya. Gelombang

tsunami yang menyebar di Samudra Hindia ini juga menghantam pantai-pantai di sekelilingnya seperti Srilangka, India dan Thailand dan banyak memakan korban jiwa. Namun korban sebanyak 167.736 juta jiwa atau sekitar 73% dari seluruh korban jiwa berasal dari Indonesia. Tentu hal ini akibat langsung dari posisi Banda Aceh yang sangat dekat dengan pusat gempa.

Simulasi selanjutnya menggunakan data topografi Samudra Hindia pada posisi (95°E, 3.2°N) - (96.6°E, 3.69°N). Simulasi ini bukan rekonstruksi mengingat kami tidak memiliki data gerakan subduksi lempeng, sebagai gantinya gerakan dasar yang sama seperti simulasi sebelumnya akan digunakan untuk simulasi ini. Hasil yang ditampilkan pada Gambar 18 menunjukkan terbentuknya deretan gelombang yang berpropagasi menuju ke kiri dan ke kanan. Gelombang yang berpropagasi ke kanan didahului dengan gelombang negatif, yang mana berarti gelombang ini akan tiba di Pantai Aceh didahului dengan surutnya garis pantai. Peristiwa ini diikuti dengan gelombang beramplitudo tinggi yang menghantam Pantai Aceh dengan energi yang sangat besar, disusul dengan surutnya lagi garis pantai, kali ini dengan membawa debris ke arah laut hasil hantaman gelombang pertama. Hantaman gelombang kedua atau ketiga terkadang bisa lebih besar dari yang pertama. Sedangkan deretan gelombang yang berpropagasi ke kiri didahului dengan gelombang positif, namun dengan energi yang telah jauh berkurang. Ini berarti kedatangan tsunami di pantai Afrika tidak didahului dengan surutnya garis pantai. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peristiwa kedatangan tsunami di suatu area tertentu

sangat bergantung pada detail pergerakan lempeng, serta topografi samudera yang dilalui.

Dampak hantaman tsunami pada area pantai, serta sejauh mana gelombang tsunami mencapai daratan (*tsunami run up*), hal ini bergantung pada kecuraman pantai. Literatur (Madsen, 2007) menjelaskan bahwa tsunami *run up* bisa sangat parah pada pantai yang landai, sedangkan pada pantai yang curam, dampak tsunami relatif kurang. Hal ini kurang lebih dapat menjelaskan bahwa terkadang ditemui dua area bersebelahan, namun dampak tsunami bisa sangat berbeda. Di satu area kerusakannya parah, sedangkan di area disebelahnya kerusakan hanya sedikit.



Gambar 20: Penampang melintang (95°E, 3.2°N) - (96.6°E, 3.69°N), yang menunjukkan topografi dengan continental shelf yang dilintasi tsunami.

4. TANTANGAN KE DEPAN

Kajian mengenai tsunami ini merupakan penelitian kami yang sedang berjalan. Kedepannya, akan dikembangkan kajian gerakan dasar dua dimensi. Melalui uraian di atas kurang lebih dapat disimpulkan bahwa perilaku tsunami sangat bergantung pada pergerakan lempeng sebagai pembangkitnya. Setelah gelombang terbentuk, perilaku tsunami yang tiba di pantai sangat bergantung pada topografi dasar laut yang dilaluinya. Sedangkan *tsunami impact* serta tsunami run up sangat bergantung pada kemiringan pantai di area tertentu. Mencermati hal-hal tersebut, serta fakta bahwa banyak area pesisir pantai di Indonesia rawan tsunami, maka kami berangan-angan untuk membuat peta dampak tsunami untuk beberapa area pesisir pantai Indonesia.

Melalui keterlibatan aktif rekan-rekan dosen, juga mahasiswa S1, S2, dan S3, berbagai bidang aplikasi berikut pernah saya kaji dan akan terus dikembangkan, yaitu:

- fenomena gelombang internal di Selat Lombok,
- perlindungan pantai dengan breakwater mangrove,
- masalah sedimentasi akibat pemasangan groyne di Teluk Benoa,
- analisa pengaruh bendungan, dan masalah hidrodinamika lain.

Dalam waktu dekat kami mendapat kesempatan untuk melakukan kerjasama riset dengan Dr. Semeidi Husrin dari divisi riset dan development di Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, guna mengkaji kelestarian gelombang tidal Bono di Sungai Kampar, Riau. Terkait minat riset di bidang persamaan diferensial, berbagai aplikasi lain juga kami minati, misalnya masalah aliran lalu lintas serta kaitannya

dengan *traffic flow management*.

5. PENUTUP

Kami sadar bahwa untuk menggarap itu semua diperlukan komitmen yang kuat untuk terus mengembangkan keilmuan, teknologi, serta terus berkontribusi dalam memajukan institusi ITB dan permasalahan yang dihadapi Indonesia.

Dalam lingkup ITB, interaksi dengan rekan-rekan di Prodi Matematika, khususnya dari Kelompok Keahlian Matematika Industri & Keuangan bidang dinamika fluida, yaitu dengan Prof. Dr. Leo H. Wiryanto, Dr. Agus Yodi Gunawan, Dr. Andonowati, dalam bentuk bimbingan serta penelitian bersama. Interaksi dengan rekan-rekan dari luar prodi, yaitu dengan Prof. Dr. Safwan Hadi, Dr. Hamzah Latief, dari Program Studi Oseanografi telah terjalin dalam bentuk supervisi bersama mahasiswa S1 dan S3. Interaksi dengan Ivonne M. Rajawane MSi. Ph.D., Ir. Harman Ajiwibowo, MS, Ph.D., Dr.Eng. Hendra Achiari, S.T., M.T., melalui berbagai bentuk kegiatan seperti kerjasama eksperimen, seminar, workshop, dan lain-lain. Kami berharap di masa mendatang relasi yang baik ini dapat terus dikembangkan dan ditingkatkan.

Saat ini telah terjalin kerjasama dengan pihak-pihak lain di luar ITB, yaitu dengan Dr. Sudi Mungkasi (Sanata Dharma Yogyakarta), Prof. Brenny van Groesen dan Dr. Didit Aditya (Labmath Indonesia), Dede Tarwidi M.Si. dan Dr. Putu H. Gunawan, M.Si. (Telkom University), serta baru-baru ini dengan Dr. Semeidi Husrin (*Research and development*, di Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia). Kami berharap

di masa mendatang kerjasama ini dapat terus ditingkatkan, diberdayakan, serta diperluas dan melibatkan lembaga-lembaga terkait lainnya.

Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, jaringan kerjasama dengan rekan-rekan di luar negeri dalam bentuk joint supervisi dengan Prof. Dr. Robert Eymard (Prancis), dalam bentuk exchange student dengan Prof. Dr. Ir. Guus S. Stelling (Netherlands), Prof. Dr. Phillip L.F. Liu (USA), Dr. Tiwari (Germany). Dalam bentuk kerjasama riset dengan Prof. Dr. Dominic Reeve (United Kingdom), joint workshops dengan Prof. Dr. Marian P. Roque (Phillipines), dan lain-lain yang terlalu panjang untuk disebutkan satu-persatu. Kami berharap hubungan kerjasama seperti ini dapat terus ditingkatkan, sehingga dapat membuka peluang-peluang baru bagi mahasiswa Indonesia.

Hasil yang kami capai selama ini merupakan buah kerja keras dan upaya terus menerus dari kelompok kecil peneliti di bidang dinamika fluida di Matematika ITB. Kontribusi dari para mahasiswa serta (mantan) mahasiswa S1, S2, S3 saya sangatlah berarti. Cukup banyak di antara mereka yang terus studi lanjut dan berkarir sebagai dosen atau peneliti. Saya menyadari sepenuhnya pentingnya sumber daya manusia (mahasiswa dan juga rekan kolega) yang kompeten guna mempertahankan kelompok peneliti bidang gelombang air di Indonesia. Untuk itu saya berkomitmen penuh untuk terus berkontribusi dalam membina dan mengembangkan riset di bidang ini, akan terus berusaha memperluas jaringan kerjasama dengan *peers* dari dalam dan luar negeri, serta terus berupaya meningkatkan kualitas riset.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pimpinan dan anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang telah diberikan kepada kami, sehingga Orasi Ilmiah ini dapat terlaksana dengan baik.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tulus juga saya sampaikan kepada pihak-pihak yang telah mempromosikan dan mendukung kami dalam proses kenaikan jabatan ke tingkat Guru Besar, yaitu Prof. Dr. Edy Soewono, Prof. Dr. Edy Tri Baskoro, Prof. Safwan Hadi, Ph.D., dan Prof. Dr. Neville Fowkes (Univ. of Western Australia). Ucapan terima kasih dan penghargaan saya sampaikan kepada seluruh staf dosen dan karyawan FMIPA-ITB, khususnya staf dosen di Kelompok Keahlian Matematika Industri dan Keuangan FMIPA-ITB.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada guru-guru saya atas dedikasi dan pengabdian, dalam mendidik kami. Kepada guru Matematika SMA saya, Pak Marsudi (Alm.) dan Bu Florentina, yang telah dengan telaten meladeni murid yang ambis ini. Kepada dosen pembimbing saya Prof. Dr. Ahmad Arifin (Alm.) dan Prof. Dr. Kusno Kromodiharjo (Alm.) yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir S1 dan Thesis S2 di bidang Aljabar.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tulus saya sampaikan kepada supervisor saya, Prof. Brenny van Groesen (University of Twente, the Netherlands) yang telah mengenalkan saya kepada bidang ilmu gelombang air yang sangat luar biasa ini. Saya sungguh terkesan akan pola pembimbingan beliau, yang terus saya teladani hingga saat ini. Terima

kasih yang tulus saya sampaikan kepada Dr. Frits van Beckum (University of Twente, the Netherlands) yang pertama kali mengajari saya metoda numerik persamaan diferensial parsial, yang mana bekal ilmu tersebut masih terus saya gunakan (dan kembangkan) sebagai materi kuliah di Matematika ITB hingga saat ini. Terima kasih yang mendalam saya sampaikan kepada Prof. Guus S. Stelling (Delft University of Technology) yang telah memperkenalkan saya akan metoda numerik yang sangat powerful, dan telah membuka peluang sangat luas untuk penelitian lanjutan. Materi yang diajarkan Prof. Guus juga terus saya kembangkan dan menjadi materi matakuliah S2 Komputasi Dinamika Fluida yang hingga saat ini tidak pernah sepi peminat.

Terima kasih yang mendalam saya sampaikan kepada mantan mahasiswa S3 saya, Putu H. Gunawan, Ikha Magdalena, serta mahasiswa S3 saya, Sugih S. Tjandra, Novry Erwina, yang telah berkontribusi besar dalam perkembangan penelitian saya. Secara khusus ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Ikha Magdalena, mantan mahasiswa S3 saya yang luar biasa. Perjalanan hidup kita akan berbeda jikalau kita tak bertemu. Dan saya sangat bersyukur, karena Tuhan telah mempertemukan kita.

Terima kasih saya sampaikan juga kepada anggota grup CFD sharing, Lawrence, Iryanto, Friska, Ade Candra Bayu, Aulia, Nurul, Rifadina, Fahrul atas masa-masa menyenangkan yang kita lalui bersama.

Hutang budi saya haturkan kepada kedua orang tua penulis, Goenarso Pudjaprasetya (Alm.) dan Sriwulan (Alm.) yang telah membesarkan dan membimbing, serta mengizinkan saya untuk menekuni bidang yang saya pilih, yaitu bidang matematika, meski tidak populer.

Kepada keluargaku tercinta, Warsoma, serta anak-anak Yovita, Ratna, dan Irma, terima kasih atas pengertian dan dukungannya selama ini. Teriring doa dan harapan kami untuk anak-anak, agar dapat meneladani disiplin, tekad kuat, dan kerja keras dalam meraih cita-cita, serta menjadi sosok yang berguna bagi bangsa dan negara.

Akhir kata, ucapan terima kasih saya sampaikan kepada seluruh handai taulan, khususnya yang sengaja datang dari luar kota, serta hadirin sekalian dalam ruangan ini yang dengan sabar mendengarkan pidato saya hingga selesai. Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semuanya dengan kebaikan yang berlimpah.

DAFTAR PUSTAKA

- Berry, M. (2005). *Tsunami Asymptotics*. *New Journal of Physics*, 7, 129.
- Bryant, E. (2008). *Tsunami the underrated hazard 2nd ed.* Chichester, UK: Springer, Praxis Publishing.
- Dutykh, D. D. (2007). Water waves generated by a moving bottom. *Tsunami and Nonlinear Waves*, 65-96.
- Fuhrman, D. M. (2009). Tsunami generation, propagation, and run up with high order Boussinesq model. *Coastal Engineering*, 56, 747-758.
- Hammack, J. L. (1973). A note on tsunamis: their generation and propagation in an ocean of uniform depth. *J. Fluid Mech.*, 4, 769--799.
- Lynett, P. L. (2002). A numerical study of submarine-landslide-generated waves and codes. *ITS Proceedings, Session 7*, 7-13.

- Madsen, P. F. (2007). Analytical and numerical models for tsunami run-up. *Tsunami and Nonlinearity*, 209-236.
- Pudjaprasetya, S. M. (2014). Momentum Conservative Scheme for Shallow Water Flows. *East Asian Journal on Applied Mathematics*, Vol. 4, No. 2, 152-165.
- Pudjaprasetya, S. M. (2016). Two-layer staggered scheme for non-hydrostatic transient waves due to antisymmetric seabed thrust. *submitted to Journal of Earthquake & Tsunami*.
- Stelling, G. D. (2003). A Staggered Conservative Scheme for Every Froude Number in Rapidly Varied Shallow Water Flows. *Int. J. for Numer. Meth. Fluids*, 1329-1354.
- Stelling, G. Z. (2003). An accurate and efficient finite-difference algorithm for non-hydrostatic free-surface flow with application to wave propagation. *Int'l J. Num. Meth. in Fluids*, 43, 1-23.
- Tjandra, S. P. (2015). A non-hydrostatic numerical scheme for dispersive waves generated by bottom motion. *Wave Motion* 57, 245-256.

CURRICULUM VITAE



Nama : **SRI REDJEKI
PUDJAPRASETYA**

Tmpt. & tgl. lhr. : Semarang, 4 October 1965

Nama Suami & Anak : Warsoma Djohan, MSi.
- Yovita Astuti Djohan
- Ratna Adriani Djohan
- Irma Septiana Djohan

Alamat Kantor : Gedung CAS Lt. 4, Kampus Institut Teknologi
Bandung, Jalan Ganesha 10, Bandung

Email : sr_pudjap@math.itb.ac.id

URL : http://personal.fmipa.itb.ac.id/sr_pudjap/

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1992-1996 : *PhD.*, Mathematics, Universiteit Twente, the Netherlands
- 1988-1990 : *Magister*, Matematika, Institut Teknologi Bandung
- 1983-1988 : *Sarjana*, Matematika, Institut Teknologi Bandung

II. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL DI ITB :

- Guru Besar, 1 Juni 2014
- Lektor Kepala, 1 April 2003
- Lektor, 1 April 2001
- Lektor Madya, 1 Desember 1998,
- Lektor Muda, 1 Desember 1996,

- Asisten Ahli, 1 Januari 1993
- Asisten Ahli Madya, 1 Desember 1990

III. PENUGASAN DI LINGKUNGAN ITB

- Anggota Forum Guru Besar ITB 2015-sekarang
- Anggota Senat FMIPA-ITB 2014-sekarang
- Anggota Majelis Prodi Matematika ITB 2015-sekarang
- Anggota Tim Revisi kurikulum kuliah Matematika TPB 2014
- Ketua KK Matematika Industri & Keuangan 2012-2013
- Anggota Tim Renstra ITB 2015-2016
- Penilai buku teks pelajaran Matematika SMA/MA & SMK 2011
- Asesor sertifikasi dosen/ non Kemdikbud 2012 - sekarang
- Panitia Indonesia Student Conference on Science and Mathematics 2013
- Panitia Penyelenggara Conference on Industrial & Applied Mathematics CIAM 2010, 2012
- Wakil Ketua Panitia Penyelenggara East Asian Society of SIAM conference 2012
- Anggota Panitia Penyelenggara APEC Workshops 2012
- Anggota Tim Akreditasi ITB Program Studi Sarjana Matematika ITB 2008
- Tim Gugus Penyusunan Evaluasi Diri 2005
- Tim Studi Kebijakan Early Warning Sistem Program Studi Sarjana Matematika ITB 2004
- Tim Penyusunan Portofolio Program Studi Sarjana Matematika

ITB 2003

- Ketua Tim Editor Kurikulum 2003.

IV. KEANGGOTAAN DALAM ORGANISASI PROFESI

- 1994 - : Anggota biasa Himpunan Matematika Indonesia
- 2013 - : Member of the East Asia Section of SIAM (EASIAM) Committee
- 2015 - : Member of the Asian Fluid Mechanics Committee (AFMC)

V. MENJADI PEMBICARA UTAMA

1. Invited speaker: A non-hydrosatic numerical scheme for transient waves due to antisymmetric seabed thrust, 9-13 November 2015, SCSTW-8, Changsha University, Hunan, China.
2. Lecturer at SEAMS School, Modelling and simulation for the environmental phenomena, 7-15 September 2015, Sanata Dharma, Jogjakarta.
3. Pembicara utama: Prinsip Konservasi pada Simulasi Gelombang Air, Seminar Matematika, 20 Sept 2014, UNPAR, Bandung, Indonesia
4. Invited speaker on 5th International Conference on Research an Education in Mathematics (ICREM), A Conservative Scheme for Inundation of a dry land simulation, 22-24 October 2011.

VI. PUBLIKASI (lima tahun terakhir)

1. **S.R. Pudjaprasetya**, J. Bunawan, C. Novtiar, Traffic light or roundabout? Analysis using the modified kinematic LWR model,

EAJAM, 2015.

2. Magdalena, **S.R. Pudjaprasetya**, Numerical Modeling for Gravity Waves Over Submerged Porous Media, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 9(28) Special, 124-130, 2015.
3. S.S. Tjandra, **S.R. Pudjaprasetya**, L.H. Wiryanto, Analytical Solutions for Surface Wave Generated by Bottom Motion, *JIMS A* Vol.1, No.2, October 2015.
4. P.H. Gunawan, R. Eymard, **S.R. Pudjaprasetya**, Staggered scheme for the Exner-shallow water equations, *Computational Geosciences*, Springer, 1-10, 2015.
5. S.S. Tjandra, **S.R. Pudjaprasetya**, A non-hydrostatic numerical scheme for dispersive waves generated by bottom motion, *Wave Motion* 57, 245-256, 2015.
6. I. Magdalena, N. Erwina, **S.R. Pudjaprasetya**, Staggered momentum conservative scheme for radial dam-break simulation, *J. Sci. Comput.*, 6 Feb 2015.
7. Muliddin, **S.R. Pudjaprasetya**, S. Hadi, H. Latief, Wave Energy Reduction in Sonneratia sp. Mangrove Forest, *App. Math. Sci.*, Vol. 8, no. 96, 4749–4762, 2014.
8. I. Magdalena, **S.R. Pudjaprasetya**, L.H. Wiryanto, Wave Interaction with An Emerged Porous Media, *Adv. Appl. Math. Mech.*, Vol. 6, No. 5, 680-692, 2014.
9. **S.R. Pudjaprasetya**, S.S. Tjandra, A Hydrodynamic Model for dispersive waves generated by bottom motion, *Springer Proc. in Math. & Statistic*, FVCA7, Berlin, June 2014.
10. I. Magdalena, **S.R. Pudjaprasetya**, Numerical Modelling of 2D

Wave Refraction and Shoaling, *AIP Conf. Proc.* 1589, 480, 2014.

11. Nugrahinggil Subasita, Hamzah Latief, **S.R. Pudjaprasetya**, The SWASH Model for Soliton Splitting Due to Decreasing Depth, *AIP Conf. Proc.* 1589, 150, 2014.
12. Novry Erwina, **S.R. Pudjaprasetya**, Reflection wave from a sloping beach, *AIP Conf. Proc.* 1589, 452, 2014.
13. Sugih S. Tjandra, **S.R. Pudjaprasetya**, Natural Frequency of Regular Basin, *AIP Conf. Proc.* 1589, 464, 2014.
14. **S.R. Pudjaprasetya**, I. Magdalena, Momentum Conservative Scheme for Shallow Water Flows, *East Asian Journal on Applied Mathematics (EAJAM)*, Vol. 4, No. 2, pp. 152-165, 2014.
15. Rosiana, **S.R. Pudjaprasetya**, Model Pertumbuhan Populasi dengan Struktur Umur, *IndoMS on JIAM*, Vol. 1, 2014.
16. **S.R. Pudjaprasetya**, Modeling and Simulation of Waves in Three-Layer Porous Breakwaters, *Nonlin. Processes Geophys.*, Vol. 20, No. 6, 1023-1030, 2013.
17. D. Tarwidi, **S.R. Pudjaprasetya**, Godunov Method for Stefan Problems with Enthalpy Formulations, *East Asian Journal on Applied Mathematics (EAJAM)*, Vol. 3, No. 2, pp. 107-119, 2013.
18. **S.R. Pudjaprasetya**, I. Magdalena, 2013, Wave Energy Dissipation in Porous Media, *Applied Mathematical Sciences*, Vol. 7, No. 59, 2925–2937, 2013.
19. **S.R. Pudjaprasetya**, E. Khatizah, Longshore Submerged Wave Breaker for Reflecting Beach, *East Asian Journal on Applied Mathematics (EAJAM)* Vol. 2, No. 1, pp. 47-58, 2012.
20. I. Magdalena, **S.R. Pudjaprasetya**, Model Gelombang Permukaan

di atas Breakwater Berupa Media Berpori, *Seminar Matematika UNPAR*, 2 Oktober 2010.

21. V. Noviantri, **S.R. Pudjaprasetya**, The Relevance of Wavy Beds as Shoreline Protection, *Proceedings of 13 Asian Computational Fluid Mechanics*, Dhaka, Bangladesh, 2010.
22. **S.R. Pudjaprasetya**, A.Y. Gunawan, A traveling pulse behavior of the spread of the avian flu viruses among flock and human, *JIMS-A*, Vol. 16, No.1, 2010.