



MODEL PUSARAN BADAI

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S1) Pada Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Asal:	Hadiah	Klasifikasi
	Pembelian	S
Terima Tol :	18 JUL 2007	SLS
Oleh: Index :		ARR
KLASIR / PENYALIN :	fu	m

SELVI APRILIA
NIM.011810101123

C-1

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2007

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kupersembahkan skripsi ini setulus hati teruntuk:

- ❖ Allah SWT, tempatku memohon serta meminta pertolongan dan perlindungan, tempatku bersujud, menangis dan mengadu;
- ❖ Bapak dan Ibu Dosen, terima kasih atas jasa Bapak dan Ibu yang tiada tara;
- ❖ Bundaku Susiati dan Ayahku Tjuk Mardjuki tersayang, tercinta, dan terhormat yang telah membesarkan, memberikan kasih sayang, serta untaian do'a yang selalu mengiringi setiap langkahku, semoga mendapat Ridho-Nya;
- ❖ Kakak dan adikku tersayang Mitri Janulia atas persaudaraan dan keceriaan yang kalian berikan selama ini;
- ❖ AbhiSal yang selalu memberikan motivasi dan membantuku dalam penyelesaian skripsi ini;
- ❖ Agama, bangsa dan almamaterku yang kubanggakan.

MOTTO

Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.

(Terjemahan Surat Al-Baqoroh Ayat 45)

Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan harapan. Sesungguhnya rahmat Allah SWT amat dekat dengan orang – orang yang berbuat kebaikan.

(Terjemahan Surat Al-A'Raaf Ayat 56)

Badai selalu lemah di tanah dingin

(Hakekat Suara Hati)

MOTTO

Jadikanlah sabar dan sholat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusyu.

(Terjemahan Surat Al-Baqoroh Ayat 45)

Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan harapan. Sesungguhnya rahmat Allah SWT amat dekat dengan orang – orang yang berbuat kebaikan.

(Terjemahan Surat Al-A'Raaf Ayat 56)

Badai selalu lemah di tanah dingin

(Hakekat Suara Hati)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Selvi Aprilia

NIM : 011810101123

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Model Pusaran Badai” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Juni 2007

Yang menyatakan,



Selvi Aprilia

NIM 011810101123

PENGESAHAN

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Jember pada:

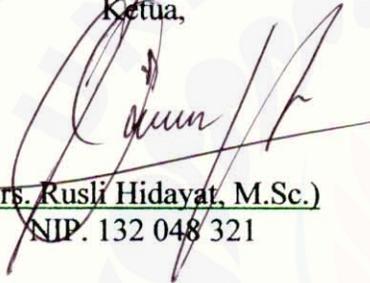
Hari : **SENIN**

Tanggal : **09 JUL 2007**

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji,

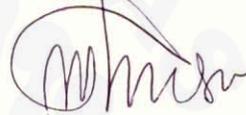
Ketua,



(Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.)

NIP. 132 048 321

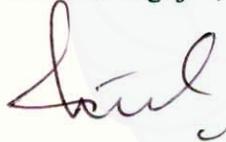
Sekretaris,



(Drs. Moh Hasan, M.Sc, PhD.)

NIP. 131 759 844

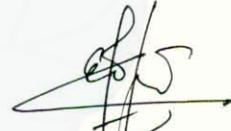
Dosen Penguji I,



(Firdaus Ubaidillah, S.Si, M.Si.)

NIP. 132 213 838

Dosen Penguji II,



(Kusbudiono, S.Si.)

NIP. 132 314 577

Mengesahkan
Dekan Fakultas MIPA



(Ir. Sumadi, MS.)

NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Syukur Alhamdulillah kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan skripsi dengan judul “**Model Pusaran Badai**” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Hal ini dikarenakan terbatasnya pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman penulis.

Selama penyusunan skripsi ini, penulis banyak sekali memperoleh bimbingan, dorongan, saran, dan bantuan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Rusli Hidayat, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Drs. Moh. Hasan, M.Sc, PhD., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
2. Bapak Firdaus Ubaidillah, S.Si, M.Si. dan Bapak Kusbudiono, S.Si., selaku Dosen Penguji atas segala kritik dan sarannya untuk perbaikan skripsi ini;
3. Bapak Drs. I Made Tirta, M.Sc., Ph.D. selaku dosen Wali yang telah banyak memberikan bimbingan, nasihat dan arahan;
4. Rekan – rekan Angkatan 2001 yang telah memberikan sumbangan pemikiran serta motivasi kepada penulis;
5. Abhi Salam terima kasih atas perhatian, dorongan, suka duka dan kasih sayang yang telah diberikan;
6. Semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada semua pihak yang telah banyak membantu penulis, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Jember, Juni 2007

Penulis



RINGKASAN

Model Pusaran Badai, Selvi Aprilia, 011810101123, Skripsi, 2006, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Badai yang disebabkan oleh pusaran angin adalah angin topan dan tornado. Badai ini dapat menyebabkan kerusakan dan kerugian yang besar. Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan karakteristik, streamlines dan profil dari model badai Isaac. Untuk membantu menentukan karakteristik, streamlines dan profil dari model badai Isaac, penulis menggunakan program matlab, dengan kekuatan badai yang bervariasi.

Hasil penelitian dari model badai Isaac diketahui bahwa dipengaruhi oleh *sink flow* yang menuju pusat badai dan *vorteks flow* yang berlawanan dengan arah jarum jam, kemudian melalui model badai Isaac didapatkan *streamlines* yang mengarah ke timur laut. Hasil tersebut di dapatkan melalui perumusan *sink flow*, *vorteks flow*, model badai Isaac, *streamlines* dan analisa profil. Badai cenderung akan membentuk angin topan jika gerakan *sink flow* lebih mendominasi, sedangkan jika gerakan *vorteks flow* lebih mendominasi maka akan berpeluang untuk membentuk tornado.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RINGKASAN	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Badai.....	4
2.2 Sistem Koordinat.....	6
2.3 Vektor.....	7
2.4 Fluida.....	8
2.5 Gerak dalam Koordinat Polar	12
2.6 Model Pusaran Badai.....	13
2.7 Kerangka Pemecahan Masalah.....	14
BAB 3. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
3.1 Hasil.....	15
3.1.1 Sink Flow	15
3.1.2 Vorteks Flow.....	16

3.1.3 Model Badai Isaac	17
3.2 Pembahasan	20
3.2.1 Sink Flow	20
3.2.2 Vorteks Flow	21
3.2.3 Model Badai Isaac	21
3.2.4 Streamlines dari Model Badai Isaac	23
BAB 4. KESIMPULAN DAN SARAN	25
4.1 Kesimpulan	25
4.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	27

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Angin Topan dan Tornado	5
2.2 Koordinat Titik di Bidang	6
2.3 Vektor A dalam Ruang Dua Dimensi	7
2.4 Hubungan Geometri untuk Mendefinisikan Suatu Garis Arus	9
2.5 Pemilihan Lintasan yang Menunjukkan Hubungan antara Komponen Kecepatan dan Fungsi Arus	11
2.6 Jaringan Aliran untuk Sink Flow dan Vorteks Flow	12
2.7 r Vektor Posisi dari Titik P dengan Panjang r	13
2.8 Model Badai Isaac	14
3.1 Sink Flow	16
3.2 Sink Flow dengan $q = 5\pi$	17
3.3 Vorteks Flow	19
3.4 Model Badai Isaac dengan $q = k = 2\pi$	20
3.5 Model Badai Isaac dengan $q = \pi$ dan $k = 5\pi$	21
3.6 Model Badai Isaac dengan $q = 5\pi$ dan $k = \pi$	21
3.7 Model Badai Isaac	24
3.8 Streamlines dari Model Badai Isaac	26



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alam menampilkan beragam fenomena, ada yang terpecahkan dan ada yang masih merupakan sebuah misteri. Allah, sang pencipta alam semesta beserta segala yang ada di dalamnya, menciptakan fenomena – fenomena ini sebagai salah satu bukti kekuasaan-Nya. Salah satu fenomena alam yang terkenal dengan amukannya yang dahsyat dan kerusakan yang ditimbulkannya adalah “si raksasa berputar” bernama angin topan (Hidayat, D. 2006).

Angin topan memiliki nama yang beragam, penamaan ini bertujuan untuk membedakan dan menghindari kebingungan kalau di saat yang sama terjadi lebih dari satu angin topan. Badan Meteorologi Dunia mengawali namanya dari A setiap tahunnya dan nama itu berselang seling antara pria dan wanita. Misalnya tahun 1998, angin topan Atlantik diberi nama Alex, Bonnie, Charley, Danielle, Earl, dan seterusnya (Hidayat, D. 2006).

Angin topan membawa hujan deras dan gelombang tinggi. Ketika mencapai daratan, angin topan menyebabkan kerusakan dan kerugian yang besar. Gelombang tinggi dan hujan yang deras sering mengakibatkan banjir di daerah pantai. Sembilan puluh persen korban angin topan terjadi ketika badai yang pertama sampai ke garis pantai. Angin topan mengaduk laut di bawahnya dan menyebabkan gelombang besar. Di pusat badai, mata angin topan yang bertekanan rendah membentuk kubah air setinggi 8 meter. Ketika seluruh badai yang berputar itu bergerak ke arah daratan, ia mendorong gelombang badai yang besar di depannya. Akhirnya, gelombang itu menyebabkan banjir di daratan. Di dataran rendah pantai, banjir ini lebih merusak daripada angin topannya sendiri, sedangkan tornado memiliki karakteristik yang sama dengan angin topan, hanya saja lebih kecil dan lebih kencang. Tornado dapat menimbulkan kerusakan selebar lebih dari 1 km (Morris, 2002). Selanjutnya angin

topan dan tornado akan disebut sebagai pusaran badai. Banyak ahli yang meneliti fenomena alam ini, tentang apa dan bagaimana sebenarnya perilaku dari badai tersebut. Banyak hal yang sudah dipelajari, mulai dari proses terjadinya sampai model dari pusaran badai yang membutuhkan akurasi perhitungan yang tinggi, bahkan jalur dari badai tersebut juga dapat diprediksi.

Pusaran badai dirumuskan dalam berbagai bentuk. Salah satunya adalah model badai Isaac yang disajikan dalam bentuk vektor. Model ini diformulasikan dari model *sink flow* dan model *vorteks flow*. Sedangkan model badai yang lain disajikan dalam bentuk skalar yang menunjukkan fungsi arus dan kecepatan potensial suatu badai. Namun dalam skripsi ini hanya akan membahas tentang model badai Isaac.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat pada skripsi ini adalah:

- a. Bagaimana sistematika dari model badai Isaac,
- b. Bagaimana streamline dari model badai Isaac,
- c. Bagaimana profil yang dihasilkan dari model badai Isaac.

Pusaran badai adalah aliran fluida tiga dimensi (*three – dimensional fluid flows*) yang rumit, karena itu akan dibuat banyak penyederhanaan atau batasan masalah tentang struktur dari suatu pusaran badai. Batasan tersebut antara lain:

1. Pusaran badai dimodelkan sebagai suatu potongan melintang horisontal dua dimensi, sehingga fluida di dalam potongan melintang tersebut mengalir secara horisontal,
2. Model badai Isaac dianggap sebagai suatu fluida ideal,
3. Model badai Isaac berada dalam *steady state*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari tulisan ini adalah:

1. Mengetahui sistematika model badai Isaac,
2. Mengetahui streamline dari model badai Isaac,
3. Mengetahui profil yang didapat dari model badai Isaac.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari skripsi ini adalah menambah wawasan tentang aplikasi Matematika pada pusaran badai, sebagai pembelajaran tentang bagaimana membangun model Matematika dari suatu pusaran badai, selain itu dapat dimanfaatkan untuk memperkecil kerusakan dan korban jiwa yang diakibatkan oleh badai tersebut.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Badai

Angin topan adalah badai besar yang sangat kuat dengan pusaran angin yang dahsyat dan berkecepatan 120 km/jam atau lebih. Luas pusaran angin topan lebih dari 400 km² dan berlangsung selama beberapa hari sebelum akhirnya menghilang. Sedangkan tornado adalah badai yang dahsyat, lebih kecil daripada angin topan, tapi memiliki pusaran angin yang lebih kencang. Pusaran tornado yang khas tergantung di awan hitam berpetir dan menyentuh tanah seperti corong yang berputar. Kebanyakan tornado bergerak di tanah dengan kecepatan 35 – 65 km/jam (Morris, 2002).

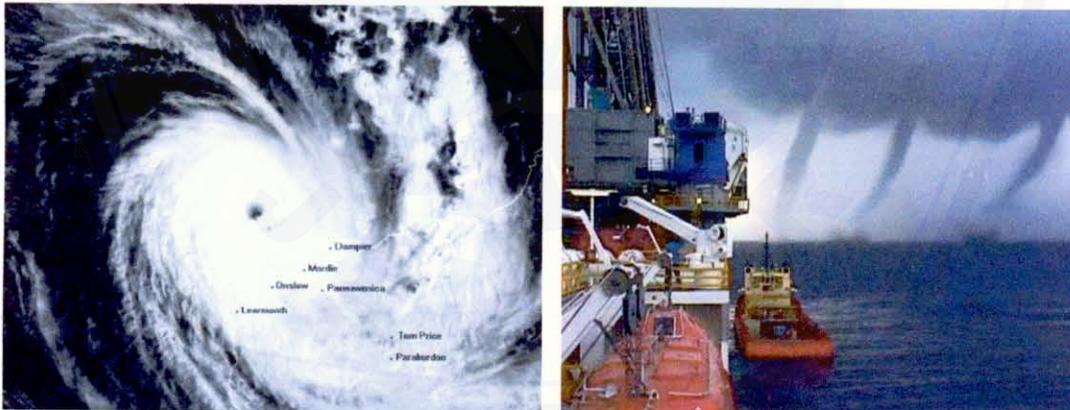
Ketika melewati lautan, badai mengikuti arah angin. Dalam perjalanannya, badai tersebut membawa hujan deras dan gelombang tinggi. Ketika mencapai daratan, badai tersebut menyebabkan kerusakan dan kerugian yang besar. Gelombang tinggi dan hujan yang deras sering mengakibatkan banjir di daerah pantai.

Di bawah pusaran badai, angin dan hujan pertama yang dahsyat akan diikuti oleh masa tenang ketika 'mata' (*eye*) pusaran melintas di udara. Lalu, angin dan hujan kembali menghantam ketika sisi lain dari badai melintas. Ketika badai melewati tanah yang lebih dingin, ia tidak lagi terisi oleh udara hangat yang naik sehingga kekuatannya berkurang (Morris, 2002).

Pusaran badai terbentuk di atas samudra yang hangat. Telah diketahui, keadaan ini hampir selalu ada hubungannya dengan ketidakstabilan penyamaraan tekanan udara lembab dan udara kering saat terjadinya badai. Penurunan kelembaban secara cepat menghasilkan pergolakan udara. Udara kering biasanya bergerak dengan cepat, dan udara lembab di bawahnya biasanya bergerak ke arah kutub. Hal ini menyebabkan terjadinya gerakan udara yang berbelok ke atas atau mensiklon, yakni bergerak dengan keras mengelilingi suatu pusat (Hidayat, D. 2006). Badai akan terjadi ketika kumpulan udara hangat dan udara dingin bertemu. Kumpulan udara itu

tidak mudah menyatu dan menyebabkan angin kalau awan yang disebut gelombang udara terbentuk di sekitarnya. Ketika badai terbentuk, uap air terangkat dari lautan dan membentuk dinding awan yang tebal. Udara dan uap air yang hangat berputar ke atas. Semakin hangat, udara lembab terdesak masuk ke bawah udara yang naik dan udara yang berputar mulai membentuk badai. Angin kencang yang berputar di sekitar daerah yang tenang, bersih dari awan, dan bertekanan rendah, disebut 'mata' angin topan (Morris, 2002).

Zona badai di dunia ada diantara garis balik utara dan selatan. Zona ini merentang di sebagian Samudra Atlantik, Pasifik dan India. Badai biasanya bergerak ke arah barat karena didorong oleh angin pasat. Kemudian, badai berbalik dari khatulistiwa dan menambah kecepatan karena pengaruh rotasi bumi. Badai terbentuk di garis balik utara dan selatan. Wilayah itu adalah bagian terpanas di bumi. Oleh karena itu, perairan di sana sangat hangat. Samudra dengan temperatur 27°C menghasilkan uap lembab yang bisa membentuk badai (Morris, 2002). Foto di bawah ini menunjukkan putaran fluida yang mengelilingi 'mata' berlawanan dengan arah jarum jam.



(a)

(b)

Sumber: (a) www.dfat.gov.au/aii/publications/bab02

(b) www.snopes.com/photos/lili

Gambar 2.1 (a) Angin topan, (b) Tornado

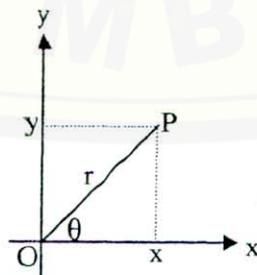
2.2 Sistem Koordinat

Sistem koordinat yang sering kita pakai adalah sistem koordinat kartesius dan sistem koordinat polar. Sistem koordinat kartesius terdiri dari dua sumbu, garis horizontal (sumbu x) dan garis vertikal (sumbu y) yang berpotongan tegak lurus di titik O (titik asal). Jika garis vertikal dan horizontal yang melalui sebarang titik P memotong sumbu x di a dan memotong sumbu y di b , maka koordinat titik P adalah (a,b) . Dalam hal ini a dan b berturut – turut dinamakan absis (koordinat x) dan ordinat (koordinat y) dari titik P . Perhatikan Gambar 2.2 yang memperlihatkan situasinya (Martono, 1999).

Selain dengan sistem koordinat kartesius, letak sebuah titik pada bidang datar dapat ditentukan dengan sistem koordinat polar. Pada sistem koordinat polar, letak sebuah titik ditentukan oleh dua variabel bebas r dan θ dimana r menyatakan radius (jari – jari) vektor dan θ menyatakan sudut polar. Sudut θ adalah sudut yang diapit oleh sumbu polar dan vektor OP dan dihitung dari sudut polar ke arah berlawanan jarum jam. Hubungan antara sistem koordinat kartesius dan sistem koordinat polar ditentukan oleh rumus berikut:

$$\begin{aligned}x &= r \cos \theta \\y &= r \sin \theta\end{aligned}\tag{2.1}$$

Dari rumus transformasi ini diperoleh hubungan $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ dan $\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x}$ (Soemartojo, 1988).

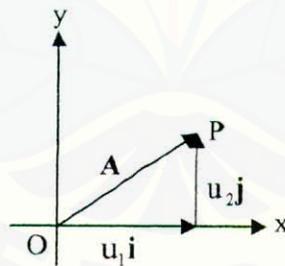


Gambar 2.2 Koordinat Titik di Bidang

2.3 Vektor

Vektor adalah besaran yang mempunyai besar dan arah, seperti perpindahan, kecepatan, gaya dan percepatan (Spiegel, 1999). Secara grafis, vektor digambarkan oleh sebuah anak panah OP (Gambar 2.3) yang mendefinisikan arahnya sedangkan besarnya dinyatakan oleh panjang anak panah. Ujung pangkal O dari anak panah disebut titik asal atau titik pangkal vektor dan ujung kepala P disebut titik terminal / terminus.

Vektor A dalam ruang dua dimensi dapat digambarkan dengan titik pangkal pada titik asal O dari sistem koordinat kartesius (Gambar 2.3). Misalkan (u_1, u_2) koordinat tegak lurus titik terminal dari vektor A dengan titik asal O . Vektor – vektor $u_1\mathbf{i}$ dan $u_2\mathbf{j}$ disebut vektor – vektor komponen atau vektor – vektor komponen dari A berturut – turut dalam arah x dan y . Besaran u_1 dan u_2 disebut komponen – komponen atau komponen – komponen dari A berturut – turut dalam arah x dan y (Spiegel, 1999).



Gambar 2.3 Vektor A dalam Ruang Dua Dimensi

Misal $\mathbf{u} = u_1\mathbf{i} + u_2\mathbf{j}$ dan $\mathbf{v} = v_1\mathbf{i} + v_2\mathbf{j}$. Perkalian titik dua vektor \mathbf{u} dan \mathbf{v} dilambangkan dengan $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v}$, dimana hasil kali titik itu adalah skalar $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = u_1v_1 + u_2v_2$. Salah satu teorema yang sangat penting dari perkalian titik tersebut adalah teorema berikut:

Teorema: Kriteria ketegaklurusan

Dua vektor \mathbf{u} dan \mathbf{v} tegak lurus (ortogonal) jika dan hanya jika $\mathbf{u} \cdot \mathbf{v} = 0$ (Purcel *et al*, 1999).

2.4 Fluida

Zat padat umumnya mempunyai bentuk tertentu, sedangkan zat cair dan gas mempunyai bentuk yang ditetapkan oleh wadahnya masing – masing. Perbedaan pokok antara zat cair dan gas (keduanya digolongkan sebagai fluida) adalah bahwa gas akan menyebar dan mengisi seluruh wadah yang ditempatinya. Definisi yang lebih tepat untuk membedakan zat padat dengan fluida adalah dari karakteristik deformasi bahan – bahan tersebut. Zat padat dianggap sebagai bahan yang menunjukkan reaksi deformasi yang terbatas ketika menerima atau mengalami suatu gaya geser (*shear*). Fluida dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang terus menerus berubah bentuk apabila mengalami tegangan geser; fluida tidak mampu menahan tegangan geser tanpa berubah bentuk.

Umumnya, makin besar laju deformasi fluida, makin besar pula tegangan geser untuk fluida tersebut. Viskositas atau kekentalan adalah ukuran untuk menyatakan hambatan. Definisi tentang fluida ini menyiratkan bahwa tegangan geser hanya ada bila sebuah fluida sedang menjalani deformasi. Air dalam sebuah wadah yang digerakkan atau dirotasikan dengan kecepatan atau percepatan konstan tidak akan menunjukkan deformasi sehingga tidak mengalami tegangan geser. Namun, agar tegangan geser itu ada, fluida harus viskous, sebagaimana karakteristik yang ditunjukkan oleh semua fluida sejati.

Viskositas dari fluida ideal bisa diabaikan atau dengan kata lain, fluida ideal adalah fluida yang tidak viskous, jadi tegangan geser dalam fluida ideal tidak ada, bahkan meskipun fluida itu mengalami deformasi. Walaupun fluida yang tidak viskous itu tidak pernah ada, studi tentang fluida seperti itu penting sekali untuk

dunia rekayasa karena perilaku fluida yang viskous sering kali dapat dijabarkan berdasarkan analisis terhadap gerak fluida yang ideal tersebut (Olson *et al*, 1993).

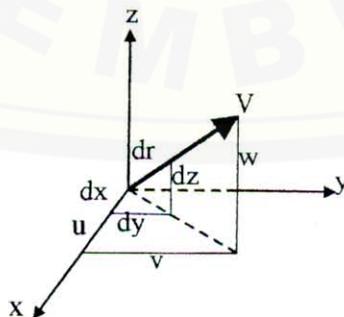
Fluida ideal adalah fluida yang tak dapat mampat (*incompressible*) dan viskositasnya bisa diabaikan. Fluida yang *incompressible* adalah suatu fluida dimana kepadatan dari cairan adalah sama dimana – mana dan tidak bisa diubah oleh kekuatan kemampatan (*compressive forces*). Bagaimanapun, sifat *incompressible* adalah suatu asumsi layak untuk suatu model pusaran badai, sebab badai tidak terbatas pada suatu kontainer tertutup yang akan menghasilkan kekuatan kompresif. Selanjutnya akan diasumsikan bahwa arus berada di dalam *steady state*, maksudnya bahwa kecepatan fluida pada titik manapun tak berbeda menurut waktu. Hal ini sangat beralasan dalam periode waktu yang sangat pendek badai akan berpindah dan berubah perlahan (Anton *et al*, 2002).

Streamline, Pathline, dan Streakline

Streamline atau garis arus adalah garis yang dimana – mana menyinggung vektor kecepatan pada suatu saat tertentu. *Streamline* dapat ditentukan dari medan kecepatan dengan hubungan geometri dalam Gambar 2.4. Karena setiap vektor panjang busur dr di sepanjang waktu *streamline* harus menyinggung V , komponen – komponen yang bersangkutan dari kedua vektor ini harus tepat sebanding.

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{dz}{w} \quad (2.2)$$

adalah persamaan untuk *streamline* (White, 1997).



Gambar 2.4 Hubungan Geometri untuk Mendefinisikan Suatu Garis Arus

Pathline atau garis lintasan adalah lintasan sebuah partikel fluida tertentu. Untuk aliran *steady*, kecepatan partikel pada titik manapun dalam medan aliran tidak bergantung pada waktu dan semua partikel yang melalui titik tersebut akan mengikuti lintasan yang sama. Jadi untuk aliran *steady*, *pathline* sama dengan *streamline*.

Streakline adalah tempat kedudukan sesaat semua partikel fluida yang telah melalui sebuah titik tertentu. Untuk aliran yang *unsteady*, *streamline*, *pathline* dan *streakline* cenderung saling berbeda. Untuk aliran yang *steady*, garis – garis itu saling berhimpit. Dalam aliran dua dimensi, persamaan – persamaan untuk *streamline* bisa dijelaskan dengan fungsi – fungsi arus. Harga – harga fungsi arus ψ yang berbeda menyatakan *streamline* yang berbeda pula.

Komponen kecepatan dapat diperoleh dari fungsi aliran dalam Gambar 2.5

(a). Aliran $\delta\psi$ melintasi $\overline{AP} = \delta y$, dari kanan ke kiri adalah $-u\delta y$, atau

$$u = -\frac{\delta\psi}{\delta y} = -\frac{\partial\psi}{\partial y} \quad (2.3)$$

$$v = \frac{\delta\psi}{\delta x} = \frac{\partial\psi}{\partial x} \quad (2.4)$$

karena $\psi = \psi(x, y)$, total diferensial terhadap ψ adalah

$$d\psi = \frac{\partial\psi}{\partial x} dx + \frac{\partial\psi}{\partial y} dy \quad (2.5)$$

dari persamaan (2.3) dan (2.4), diferensial ini adalah

$$d\psi = v dx - u dy \quad (2.6)$$

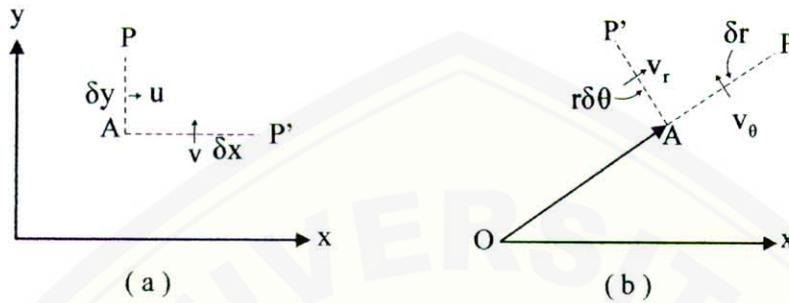
dari persamaan (2.2), untuk sepanjang *streamline* harga ini sama dengan nol, jadi *streamline* adalah garis fungsi arus yang konstan.

Persamaan (2.2) jika disajikan dalam sistem koordinat polar (r, θ) dengan komponen kecepatan v_r dan v_θ dengan arah tangensial yang berlawanan arah jarum jam (Olson *et al*, 1999) dari Gambar 2.5 (b).

$$v_r = -\frac{1}{r} \frac{\partial\psi}{\partial\theta} \quad (2.7)$$

dan

$$v_{\theta} = \frac{\partial \psi}{\partial r} \tag{2.8}$$



Gambar 2.5 Hubungan antara Komponen Kecepatan dan Fungsi Arus

Sink Flow

Sink flow adalah garis tegak lurus terhadap bidang xy, dimana fluida dibayangkan mengalir secara seragam ke segala arah tegak lurus terhadap garis tersebut. Aliran total persatuan waktu dan panjang garis satuan disebut kekuatan ‘q’ dari *sink flow*.

$$F_1(x, y) = -\frac{q}{2\pi(x^2 + y^2)}(xi + yj) \tag{2.9}$$

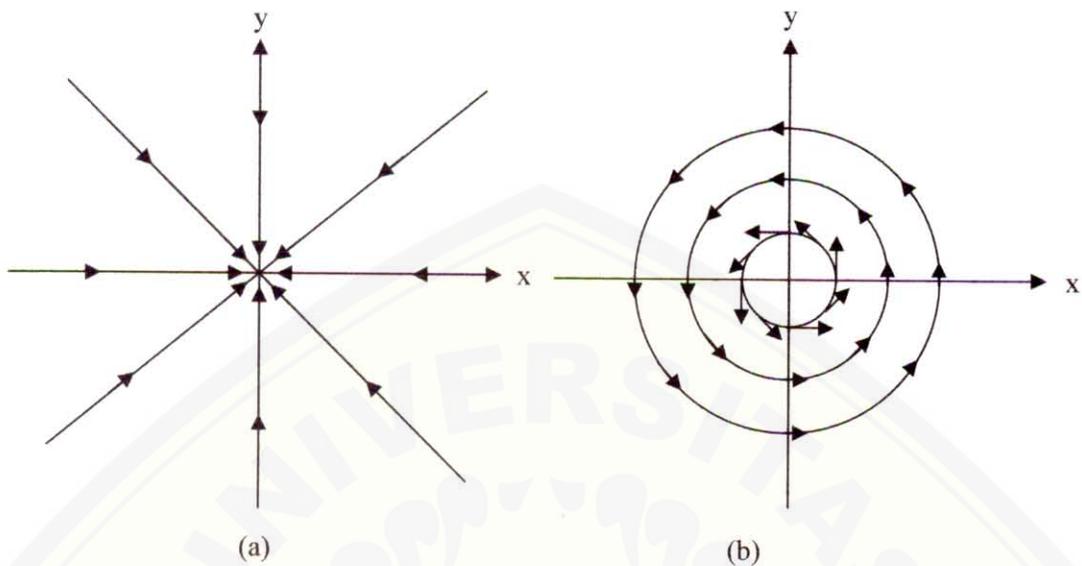
adalah model untuk medan kecepatan dari *sink flow* ke arah titik asal dengan kekuatan ‘q’ (Anton *et al*, 2002).

Vorteks flow

Vorteks flow adalah arus yang berputar mengelilingi lingkaran yang berpusat di titik asal. *Vorteks flow* memiliki kekuatan ‘k’.

$$F_2(x, y) = -\frac{k}{2\pi(x^2 + y^2)}(yi - xj) \tag{2.10}$$

model untuk medan kecepatan dari *vorteks flow* yang berlawanan arah jarum jam dengan kekuatan ‘k’ (Anton *et al*, 2002).

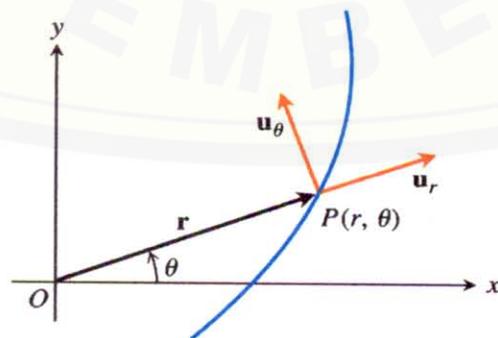


Gambar 2.6 Jaringan Aliran untuk (a) Sink Flow dan (b) Vorteks Flow

2.5 Gerak dalam Koordinat Polar

Ketika sebuah partikel bergerak di sepanjang kurva pada bidang yang berada dalam sistem koordinat polar, maka posisi, kecepatan dan akselerasinya dinyatakan dalam vektor satuan gerak berikut ini:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_r &= \cos \theta \mathbf{i} + \sin \theta \mathbf{j} \\ \mathbf{u}_\theta &= -\sin \theta \mathbf{i} + \cos \theta \mathbf{j} \end{aligned} \quad (2.11)$$



Gambar 2.7 Vektor Posisi \mathbf{r}

Seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.7, \mathbf{r} merupakan vektor posisi dari titik \mathbf{P} dalam kuadran positif koordinat polar yang panjangnya r . Vektor \mathbf{u}_r merupakan titik-titik sepanjang vektor posisi $\overrightarrow{\mathbf{OP}}$, jadi $\mathbf{r} = r\mathbf{u}_r$. Vektor \mathbf{u}_θ tegak lurus terhadap \mathbf{u}_r yang merupakan titik-titik dengan arah naik θ (Hidayat, R. 2006).

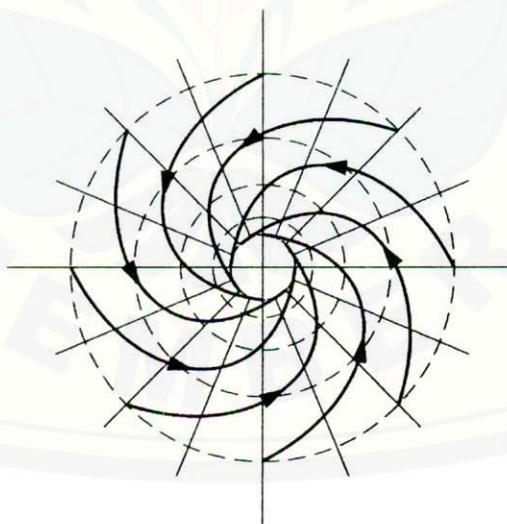
2.6 Model Pusaran Badai

Model Badai Isaac

Medan vektor $\mathbf{F}(x,y)$ untuk suatu model badai Isaac yang berkombinasi pada *sink flow* ke arah titik asal dengan kekuatan 'q' dan *vorteks flow* yang berlawanan dengan arah jarum jam dengan kekuatan 'k' adalah (Anton *et al*, 2002)

$$\mathbf{F}(x,y) = -\frac{1}{2\pi(x^2 + y^2)} [(qx + ky)\mathbf{i} + (qy - kx)\mathbf{j}] \quad (2.12)$$

Dari semua referensi yang didapat menyebutkan bahwa model dari suatu pusaran badai merupakan pertemuan antara *sink flow* dan *vorteks flow*, kecuali di daerah dekat pusatnya.



Gambar 2.8 Model Badai Isaac

Model badai lain yang disajikan dalam bentuk skalar dibagi menjadi dua bagian yaitu fungsi arus dan kecepatan potensial. Untuk mendapatkan model badai tersebut harus dicari fungsi arus dan kecepatan potensial dari *sink* dan *vorteks flow* (Olson, 1993).

Fungsi arus dari suatu badai:

$$\varphi = \frac{q}{2\pi} \ln r - \frac{\Gamma}{2\pi} \theta = \frac{q}{4\pi} \ln(x^2 + y^2) - \frac{\Gamma}{2\pi} \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

Kecepatan arus dari suatu badai:

$$\psi = \frac{q}{2\pi} \theta + \frac{\Gamma}{2\pi} \ln r = \frac{q}{2\pi} \tan^{-1} \frac{y}{x} + \frac{\Gamma}{4\pi} \ln(x^2 + y^2)$$

dengan: Γ = Sirkulasi

φ = Fungsi arus

ψ = Kecepatan arus

q = Kekuatan sumber

2.7 Kerangka Pemecahan Masalah

Pemecahan masalah akan dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Perumusan model *sink flow*,
2. Perumusan model *vorteks flow*,
3. Perumusan model dasar badai Isaac,
4. Perumusan *streamlines* dari model badai Isaac,
5. Analisa profil.

BAB 4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa *sink flow* selalu mengarah pada pusat badai (titik asal). Pada *sink flow* ada fluida yang panjang arusnya melewati pusat badai jika $q > 2\pi$. *Vorteks flow* selalu bergerak dengan arah berlawanan jarum jam. Vektor kecepatan *vorteks flow* pada suatu titik (x,y) adalah garis singgung lingkaran yang berpusat di titik asal $(0,0)$ dan melalui (x,y) .

Streamlines dari suatu badai selalu mengarah ke timur laut dan tidak akan pernah melewati garis katulistiwa.

Kekuatan *sink flow* yang jauh lebih kecil dari *vorteks flow* gerakannya akan di dominasi oleh *sink flow*, sedangkan kekuatan *sink flow* yang jauh lebih besar dari *vorteks flow* gerakannya akan di dominasi oleh *vorteks*.

4.2 Saran

Masih terbuka peluang bagi peneliti untuk mengembangkan model badai Isaac menggunakan software lain atau dengan membuat model tiga dimensi dari model badai Isaac.



DAFTAR PUSTAKA

- Anton, Bivens & Davis. 2002. *Calculus (Seventh Edition)*. New York: John Wiley and Sons.
- Hidayat, D. 2006. *Si Raksasa Berputar*. <http://www.insight-magazine.com/indo>.
- Hidayat, R. 2006. *Persamaan Diferensial Parsial*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember.
- Kreyszig, E. 1988. *Advanced Engineering Mathematics*. Sixth Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Martono, K. 1999. *Kalkulus*. Jakarta: Erlangga.
- Morris, N. 1999. *Natural Disasters: Hurricanes & Tornadoes*. Britain: Ticktock Publishing.
- Olson, R. M. & Wright, S. J. 1993. *Dasar – dasar Mekanika Fluida Teknik*. Edisi Kelima. Diterjemahkan oleh Widodo, A. T. K. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Purcel, E. J. & Varberg, D. 1999. *Kalkulus & Geometri Analitis*. Edisi kelima. Jilid 2. Terjemahan Susila, K. & Rawuh. Jakarta: Erlangga.
- Soemartojo, N. 1988. *Kalkulus*. Edisi ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Spiegel, M. R. 1999. *Analisis Vektor*. Terjemahan Wospakrik, H.J. Jakarta: Erlangga.
- Streeter, V. R. & Wylie, E. B. 1999. *Mekanika Fluida*. Edisi kedelapan. Jilid 1. Terjemahan Arko Prijono. Jakarta: Erlangga.
- White, F. M. 1997. *Mekanika Fluida*. Edisi kedua. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Urban Legend's Reference Pages: *Hurricane Lili*. www.snopes.com/photos/lili.
- Geografi Australia*. www.dfat.gov.au/aia/publicatioans/bab02.

LAMPIRAN

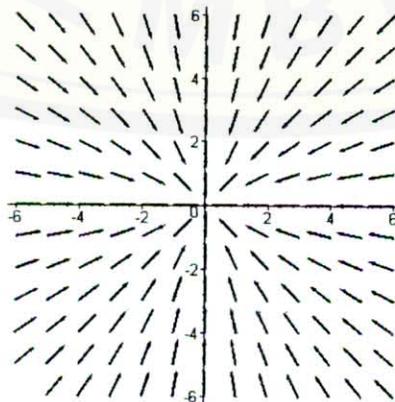
Sink Flow

```

> hurricane:=proc(rx,ry,konsk,konsq)
local i,j,x,y,F,w,a,b,k,nx,ny,NK,s;
global FT,p;
k:=0;
nx:=2*rx+1;
ny:=2*ry+1;
for i from -rx to rx by 1 do
  for j from -ry to ry by 1 do
    if (i=0) and (j=0) then
      F[i,j]:=[i,j];
      FT[i,j]:=<i,j>,F[i,j];
      p[k]:=PLOT(POINTS(F[i,j]), COLOR(RGB, 0, 0, 0));
      s:=k;
    else
      a:=-(konsq*i/(i^2+j^2)*1/(2*evalf(Pi)));
      b:=-(konsq*j/(i^2+j^2)*1/(2*evalf(Pi)));

      F[i,j]:=<a,b>; # arah medan vektor
      FT[i,j]:=<i,j>,F[i,j];
      p[k]:=arrow(FT[i,j],length=0.8, scaling=CONSTRAINED, color=black);
    end if;
    k:=k+1;
  end do;
end do;
NK:=k-1;
#w:=seq(seq(FT[i,j],j=-ry..ry),i=-rx..rx); # Hasil numerik
display(seq(p[k],k=1..s-1),p[s],seq(p[k],k=s+1..NK));
end:
  > hurricane(6,6,evalf(2*Pi),evalf(2*Pi));

```

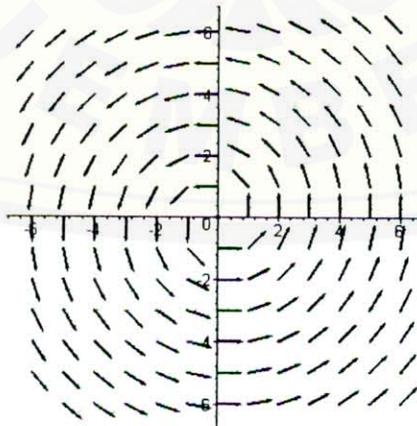


Vorteks Flow

```

> hurricane:=proc(rx,ry,konsk,konsq)
local i,j,x,y,F,w,a,b,k,nx,ny,NK,s;
global FT,p;
k:=0;
nx:=2*rx+1;
ny:=2*ry+1;
for i from -rx to rx by 1 do
  for j from -ry to ry by 1 do
    if (i=0) and (j=0) then
      F[i,j]:=[i,j];
      FT[i,j]:=<i,j>,F[i,j];
      p[k]:=PLOT(POINTS(F[i,j]), COLOR(RGB, 0, 0, 0));
      s:=k;
    else
      a:=-((konsk*j/(i^2+j^2)*1/(2*evalf(Pi))));
      b:=(konsk*i/(i^2+j^2)*1/(2*evalf(Pi)));
      F[i,j]:=<a,b>; # arah medan vektor
      FT[i,j]:=<i,j>,F[i,j];
      p[k]:=arrow(FT[i,j],length=0.8, scaling=CONSTRAINED, color=black);
    end if;
    k:=k+1;
  end do;
end do;
NK:=k-1;
#w:=seq(seq(FT[i,j],j=-ry..ry),i=-rx..rx); # Hasil numerik
display(seq(p[k],k=1..s-1),p[s],seq(p[k],k=s+1..NK));
end;
➤ hurricane(6,6,evalf(2*Pi),evalf(2*Pi));

```



Model Badai Isaac

```

> hurricane:=proc(rx,ry,konsk,konsq)
local i,j,x,y,F,w,a,b,k,nx,ny,NK,s;
global FT,p;
k:=0;
nx:=2*rx+1;
ny:=2*ry+1;
for i from -rx to rx by 1 do
  for j from -ry to ry by 1 do
    if (i=0) and (j=0) then
      F[i,j]:=i,j;
      FT[i,j]:=<i,j>,F[i,j];
      p[k]:=PLOT(POINTS(F[i,j]), COLOR(RGB, 0, 0, 0));
      s:=k;
    else
      a:=-1/(2*evalf(Pi)*(i^2+j^2))*(konsq*i+konsk*j);
      b:=-1/(2*evalf(Pi)*(i^2+j^2))*(konsq*j-konsk*i);
      F[i,j]:=<a,b>; # arah medan vektor
      FT[i,j]:=<i,j>,F[i,j];
      p[k]:=arrow(FT[i,j],length=0.8, scaling=CONSTRAINED, color=black);
    end if;
    k:=k+1;
  end do;
end do;
NK:=k-1;
#w:=seq(seq(FT[i,j],j=-ry..ry),i=-rx..rx); # Hasil numerik
display(seq(p[k],k=1..s-1),p[s],seq(p[k],k=s+1..NK));
end;
➤ hurricane(6,6,evalf(2*Pi),evalf(2*Pi));

```

