

## Modifikasi Pengepingan Skema Leap Frog dalam Penentuan Karakteristik Profil Aliran Sungai dalam Mendukung Pemetaan Wilayah Banjir (Penelitian Awal)

### *Modification Scheme For Split Leap Frog Profile In Determining Flow Characteristics River In Support Of Mapping Flood Area (Early Research)*

**Andy Eka Saputra, Didik Kuswadi**

Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung,  
Jln. Soekarno-Hatta No.10 Rajabasa Bandar Lampung, 35144  
(Tel. 0721-703995, Fax . 0721787309)  
Email: andyekasaputra@polinela.ac.id

#### ABSTRACT

*In this study carried out by modifying the method LeapFrog split with The split the regulator equation St. Venant 1 dimensions. The factors used are data stream land cover and slope/contour. Rain put a lateral discharge equation while the discharge from upstream continuity included as a boundary condition on the grid points of the river. The final goal in future studies to produce an split which can be used to determine the flow profile characteristics of a river, so as to support the handling of flooding in the area desired nonstructure From the results of research conducted a few things that can be described Modifications made split Leap Frog has been successfully split the continuity equation and momentum with the results split. The split results for the continuity equation*

*is :  $h_j^{n+1} = h_j^{n-1} - \left( \frac{1}{B_j^n} \right) \left( \frac{\Delta t}{\Delta x} \right) (Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n)$  and the momentum equation is modified such*

*split*

$$Q_j^{n+1} = \left\{ \left[ -2\beta \left( \frac{Q}{A} \right)_j \frac{Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n}{2\Delta x} + \beta \left( \frac{Q^2}{A^2} \right)_j \frac{A_{j+1}^n - A_{j-1}^n}{2\Delta x} + g.A_j^n \frac{h_{j+1}^n - h_{j-1}^n}{2\Delta x} + g \cdot \frac{Q|Q|^n}{C^2 AR_j} \right] (2\Delta t) \right\} + Q_j^{n-1}$$

*The split above results in the early stages this research in trying to in Microsoft Fortran programs running on 6.5 and at this early study tested a simple case of the trapezoidal cross section of the river as well as data supporting data retrieved from the data Sekampung river as an example the case for programs to run and found that the results are already responding injection split discharge  $Q$  Nakayasu Sekampung well with characteristic output the shape of the profile of the river flow and results split with Microsoft Fortran 6.5 program that is in use is generally obtained water discharge ( $Q$ ) outputs the same program with a discharge  $Q$  Nakayasu with repeated time 50 years of segment 0 m at the river until 21 hour simulation model has the same result as shown in Table 4 (table discharge results of running the program), so that the program is appropriate and can be running on the characteristics of the next river.*

*Keywords: leap frog, st venant, flood modelling, lateral discharge, boundary conditions, nakayasu*

Naskah ini diterima pada tanggal 1 Nopember 2013, direvisi pada tanggal 15 Nopember 2013 dan disetujui untuk diterbitkan pada tanggal 16 Desember 2013

## PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena alam dimana terjadi kelebihan air yang tidak tertampung oleh jaringan drainase di suatu daerah sehingga menimbulkan genangan yang merugikan. Kerugian yang diakibatkan banjir seringkali sulit diatasi baik oleh masyarakat maupun negara. Saat ini telah dilakukan berbagai macam cara untuk menanggulangi banjir baik penanganan secara struktur maupun non struktur.

Penelitian ini menangkap peluang penanganan banjir secara non struktur dan secara numerik dengan didukungnya perkembangan pesat penyediaan dataset hidrologi yang didukung oleh pertumbuhan kapasitas komputasi, serta observasi hujan hasil analisis dan model rambatan banjir. Pemetaan wilayah banjir pada suatu wilayah amat diperlukan dalam mengoptimalkan dan memaksimalkan penanganan banjir secara struktur. Pemodelan pemetaan wilayah banjir pada kasus banjir aliran sungai merupakan hal mendasar dalam pemodelan banjir dalam menunjang penanganan bencana yang terjadi. Pemodelan tidak lepas dengan adanya alat bantu yang digunakan, besarnya biaya yang harus dikeluarkan dan keragaman dalam karakteristik suatu wilayah, sehingga menumbuhkan ide untuk melakukan suatu kajian secara numerik dengan hukum dan dasar yang telah ada dan yang pasti akan banyak menghemat biaya studi yang dilakukan. Metode *LeapFrog* dan Persamaan St Venat akan dikaji pada penelitian awal secara numerik dengan mengepingkan persamaan pengatur St. Venant 1 Dimensi dan persamaan Leap Frog pada skemanya dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Menurut (chow, 1997-1998) faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pemodelan adalah adalah penutup lahan dan kemiringan lahan/kontur dalam, aliran permukaan yang terjadi disebabkan oleh hujan maupun debit dari hulu, hujan dimasukkan sebagai lateral discharge pada persamaan kontinuitas sedangkan debit dari hulu dimasukkan sebagai syarat batas pada titik-titik grid sungai.



Gambar 1. Ilustrasi aliran banjir pada DAS

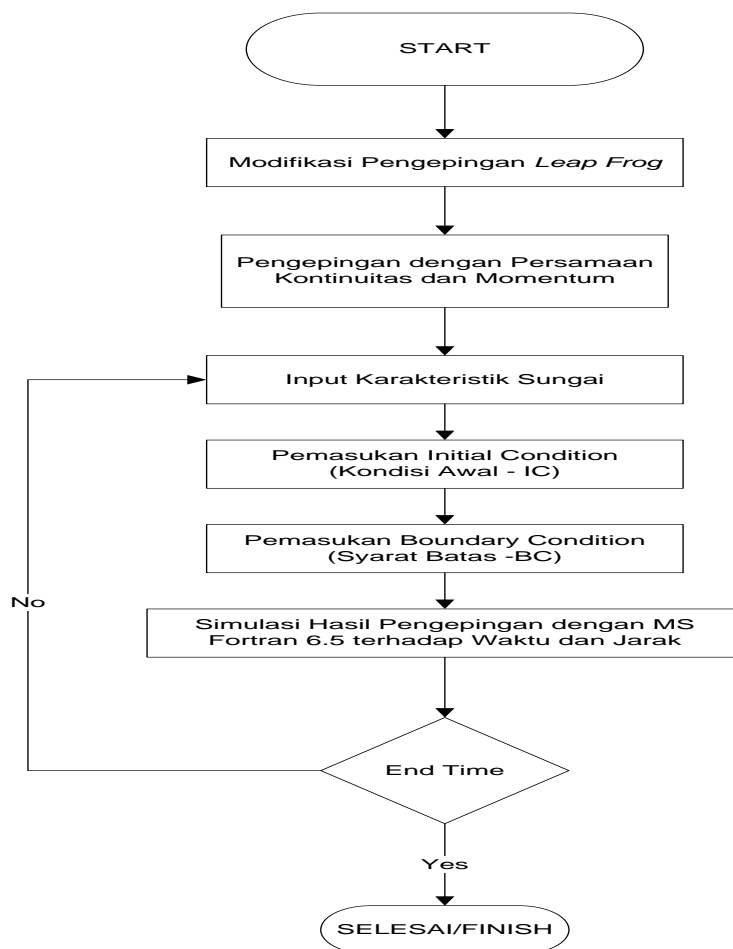
Penanggulangan banjir itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi kerugian akibat banjir bukan untuk menghilangkan banjir karena banjir tidak bisa dihilangkan sepenuhnya (Anonymous,1996), (Soewarno, 1991) dan (Soemarto 1999). Banjir disebabkan oleh berbagai

macam faktor yaitu kondisi daerah tangkapan hujan, durasi dan intensitas hujan, land cover, kondisi topografi, dan kapasitas jaringan drainase.

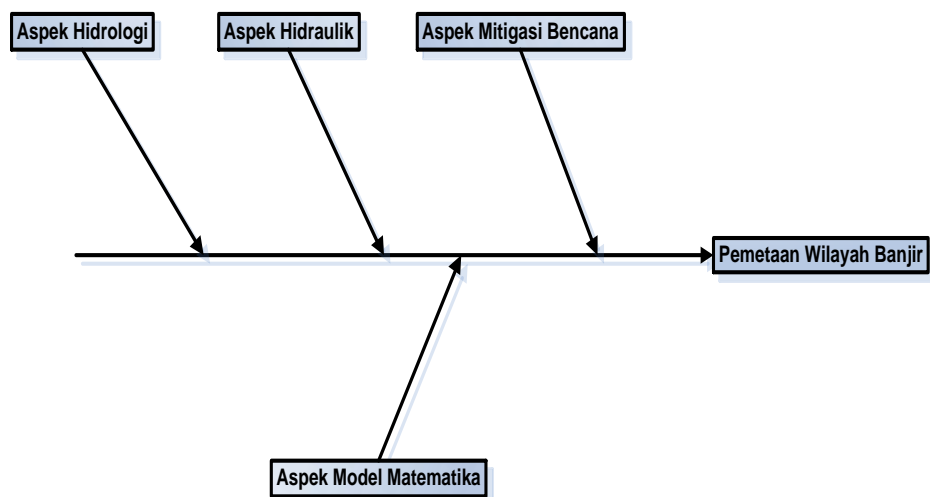
Fenomena ini sangat penting untuk ditelaah lebih lanjut karena permasalahan banjir seperti ini sudah banyak terjadi di banyak daerah pemukiman yang bersumber dari aliran sungai, bahkan di ibukota kita merupakan momok terberat pada akhir-akhir ini dan menimbulkan kerugian yang tidak kecil.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian seperti terlihat di bagan alir pada gambar di bawah ini mencakup dua tahap penelitian yaitu tahap penelitian awal dan tahap penelitian lanjutan. Tahap penelitian awal bertujuan untuk mencari bentuk numerik dari persamaan kontinuitas dan momentum yang dikepingkan melalui persamaan *leap frog*, dan berikutnya memasukkan parameter-parameter yang tepat dari suatu contoh kasus sungai untuk menentukan berjalan atau tidaknya hasil modifikasi dan running program yang dilakukan dan pada gambar berikutnya mengilustrasikan rencana dari penelitian lanjutan ini.



Gambar 2. Bagan alir metode penelitian



Gambar 3. Rencana tahap lanjut pelaksanaan penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam penyelesaian pengepingan menggunakan penyelesaian secara numerik atau model matematika dengan metode beda hingga *finite difference method* dengan cara eksplisit dengan harga variabel pada satu titik level waktu  $n+1$  dapat langsung dihitung dari harga dari beberapa titik level dan secara beda tengah *central scheme*, pada persamaan pengatur beberapa penyederhanaan yaitu dengan mengabaikan beberapa hal: Persamaan aliran dirumuskan dalam satu dimensi, yaitu dalam arah aliran.

- Kecepatan sesaat disetiap titik pada suatu irisan penampang melintang saluran dianggap sama dengan kecepatan rata-rata.
- Aliran dianggap tidak mampu mampat (*incompressible flow*).
- Distribusi tekanan air yang bekerja pada irisan penampang melintang saluran adalah tekanan hidrostatik, percepatan vertikal dianggap kecil.
- Gesekan yang terjadi pada dinding saluran dianggap sama dengan gesekan yang terjadi pada aliran langgeng (*steady flow*) dan dicari dengan hubungan empiris dari rumus Chezy atau Manning.
- Pengaruh angin pada gesekan permukaan diabaikan.
- Pengaruh putaran bumi ( *gaya coriolis*) diabaikan.
- Pada Penelitian ini dianggap prismatic, kerapatan fluida dianggap sama, pengaruh viskositas diabaikan dan faktor koreksi penampang  $\beta=1$ .

## PERSAMAAN KONTUINITAS

Persamaan kontinuitas untuk aliran dapat disusun berdasarkan konservasi massa pada suatu ruang tilik (RT), yaitu laju massa air yang masuk RT laju massa air yang keluar RT=Laju akumulasi volume/massa di dalam RT menurut (cahyono 2008).

Atas asumsi-asumsi yang telah dikemukakan sebelumnya, seperti dalam chow (1996-1997) persamaan kontinuitas dapat dinyatakan sebagai berikut untuk seluruh penampang saluran:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(A)$$

**PERSAMAAN MOMENTUM**

Persamaan momentum diturunkan dari konsep konservasi momentum, dimana laju netto momentum yang masuk RT+ jumlah gaya-gaya yang beraksi pada RT sama dengan laju akumulasi momentum didalam RT. Persamaan momentum dengan mempertimbangkan laju netto momentum, gaya hidrostatis, perubahan kerapatan fluida serta gaya gesekan, dengan asumsi penyederhanaan yang telah dikemukakan sebelumnya diperoleh sebagai berikut:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + g A \frac{\partial h}{\partial x} - g A S_0 + \frac{g Q |Q|}{AC^2 R} = 0 \dots\dots\dots(B)$$

**SYARAT BATAS (BOUNDARY CONDITION)**

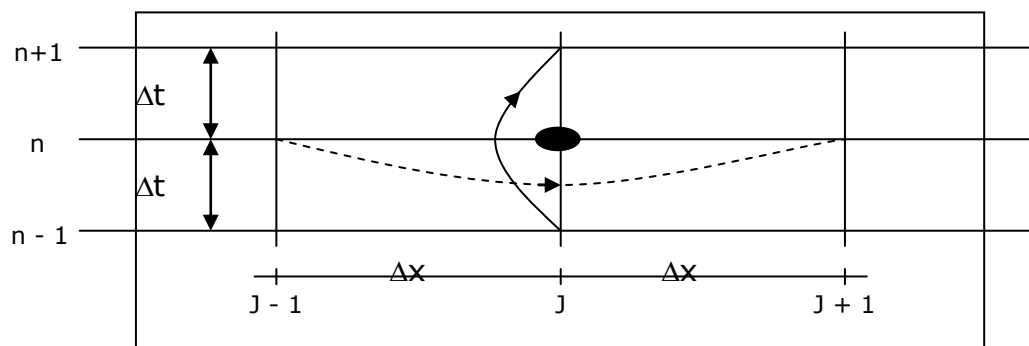
Untuk syarat batas yang digunakan (BC) adalah pada syarat batas hulu dipergunakan syarat batas debit yaitu syarat batas ( $\partial Q$ ) Hidograf Satuan Sintetik Nakayasu kala ulang 50 tahun serta disebelah hulu dan dipergunakan syarat batas (BC) tinggi permukaan air ( $\partial h$ ) disebelah hilir.

**KONDISI AWAL (INITIAL CONDITION)**

Nilai yang dipergunakan untuk kondisi awal (IC) adalah  $g : 9,81 \text{ m/s}$ , debit awal  $Q=0 \text{ m}^3/\text{s}$ , nilai  $A$ =luas penampang sungai diambil bentuk trapesium,  $\partial x$ =panjang tiap grid diambil 1000 m,  $\beta$  nilai Beta diambil 1 untuk faktor bentuk, kemiringan sungai diambil 0,0002 serta waktu simulasi  $\partial t$  dimulai dari 0 detik

**MODIFIKASI PENGEPIKINGAN DENGAN LEAP FROG SCHEME**

Secara umum skema leap frog dapat dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 4. Skema Leap Frog

Dari dasar-dasar yang diketahui di atas dicoba untuk mengepingkannya semua persamaan di atas baik itu persamaan kontinuitas dan momentum dengan skema leap frog di atas dan didapatkan hal-hal sebagai berikut:

Tahap awal di Formulasikan dengan Beda Tengah *Central Difference* dapat diperoleh dengan mengurangi Deret Taylor maju dan deret Taylor mundur dari suatu suku persamaan.

$$f(x + \Delta x) = f(x) + \frac{\partial f(x)}{\partial x} \cdot \frac{\Delta x}{1!} + \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} \cdot \frac{\Delta x^2}{2!} + \frac{\partial^3 f(x)}{\partial x^3} \cdot \frac{\Delta x^3}{3!} + \dots \dots \dots (1)$$

$$f(x - \Delta x) = f(x) - \frac{\partial f(x)}{\partial x} \cdot \frac{\Delta x}{1!} + \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x^2} \cdot \frac{\Delta x^2}{2!} - \frac{\partial^3 f(x)}{\partial x^3} \cdot \frac{\Delta x^3}{3!} + \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan (3) dan (4) dikurangi sehingga didapatkan:

$$f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x) = 2 \frac{\partial f(x)}{\partial x} \cdot \frac{\Delta x}{1!} + 2 \frac{\partial^3 f(x)}{\partial x^3} \cdot \frac{\Delta x^3}{3!} + \dots \dots \dots (3)$$

Abaikan suku-suku orde tinggi, maka di dapat:

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x)}{2\Delta x} \dots \dots \dots (4)$$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = \frac{f_{j+1}^n - f_{j-1}^n}{2\Delta x} \dots \dots \dots (5)$$

Dengan pendekatan Central Difference untuk arah vertical dikepingkan dengan skema leap frog diatas, diperoleh:

$$\frac{\partial f(t)}{\partial t} = \frac{f_j^{n+1} - f_j^{n+1}}{2\Delta t} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan mengaplikasikan pendekatan beda tengah (Central Difference) pada persamaan kontinuitas (persamaan A), persamaan momentum (persamaan B), dan persamaan 6 diperoleh persamaan-persamaan sebagai berikut:

**Persamaan Kontinuitas**

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

$$B_j^n \frac{h_j^{n+1} - h_j^{n-1}}{2\Delta t} + \frac{Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n}{2\Delta x} = 0 \dots \dots \dots (8)$$

$$h_j^{n+1} = h_j^{n-1} - \left( \frac{1}{B_j^n} \right) \left( \frac{\Delta t}{\Delta x} \right) (Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n) \dots \dots \dots (9)$$

**Persamaan Momentum**

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left( \beta \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + g A \frac{\partial h}{\partial x} - g A S_0 + \frac{g Q |Q|}{AC^2 R} = 0 \dots\dots\dots(10)$$

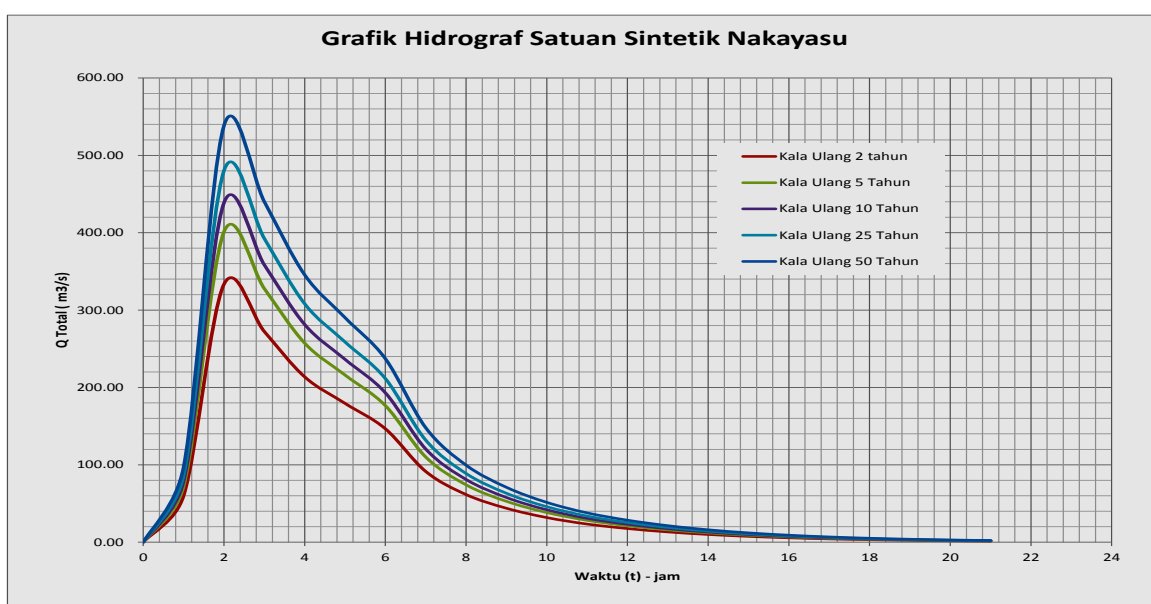
$$\frac{Q_j^{n+1} - Q_j^{n-1}}{2.\Delta t} + 2\beta \left( \frac{Q}{A} \right)_j \frac{Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n}{2.\Delta x} - \beta \left( \frac{Q^2}{A^2} \right)_j \frac{A_{j+1}^n - A_{j-1}^n}{2.\Delta x} + g.A_j^n \frac{h_{j+1}^n - h_{j-1}^n}{2.\Delta x} + g \cdot \frac{Q|Q|^n}{C^2 AR_j} = 0 \dots\dots\dots(11)$$

$$Q_j^{n+1} = \left\{ \left( -2\beta \left( \frac{Q}{A} \right)_j \frac{Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n}{2.\Delta x} + \beta \left( \frac{Q^2}{A^2} \right)_j \frac{A_{j+1}^n - A_{j-1}^n}{2.\Delta x} + g.A_j^n \frac{h_{j+1}^n - h_{j-1}^n}{2.\Delta x} + g \cdot \frac{Q|Q|^n}{C^2 AR_j} \right) (2.\Delta t) \right\} + Q_j^{n-1} \dots\dots\dots(12)$$

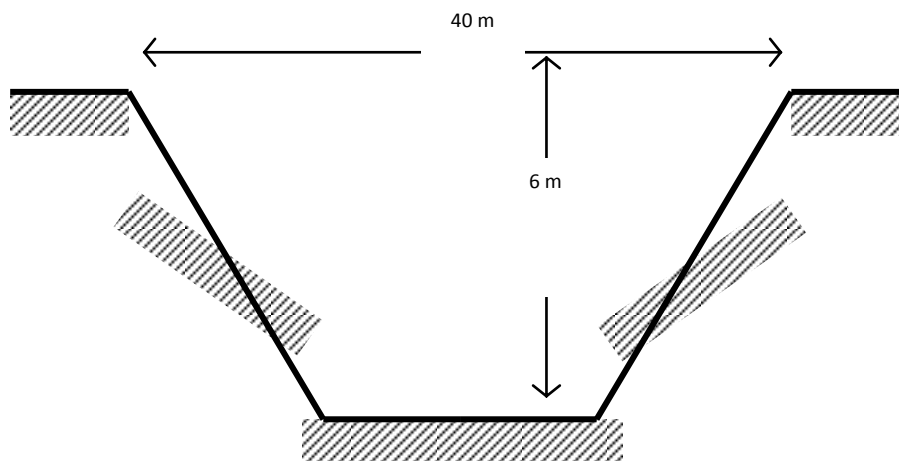
Persamaan 9 ini:  $h_j^{n+1} = h_j^{n-1} - \left( \frac{1}{B_j^n} \right) \left( \frac{\Delta t}{\Delta x} \right) (Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n)$  dan persamaan 12 ini

$$: Q_j^{n+1} = \left\{ \left( -2\beta \left( \frac{Q}{A} \right)_j \frac{Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n}{2.\Delta x} + \beta \left( \frac{Q^2}{A^2} \right)_j \frac{A_{j+1}^n - A_{j-1}^n}{2.\Delta x} + g.A_j^n \frac{h_{j+1}^n - h_{j-1}^n}{2.\Delta x} + g \cdot \frac{Q|Q|^n}{C^2 AR_j} \right) (2.\Delta t) \right\} + Q_j^{n-1}$$

merupakan hasil modifikasi dan pengepungan pada persamaan kontinuitas dan momentum dengan Metode *Leap Frog* merupakan hasil modifikasi pengepungan dan digunakan dalam penentuan karakteristik profil muka air Sungai, Pada penelitian awal ini digunakan data sungai sekampung dengan bentuk profile sungai secara umum yaitu bentuk trapesium dengan tujuan melihat sejauh mana program dapat merespon bentuk sederhana terlebih dahulu dan untuk melihat sebatas mana program merespon hasil pengepungan, Pada Tahap ini Hidrograf Sintetik Nakayasu kala ulang 50 tahun dijadikan nilai masukan Q pada syarat batas Hulu dan Tinggi Muka air disebelah hilir.



Gambar 5. Grafik hidrograf satuan sintetik nakayasu



Gambar 6. Penampang tipikal sungai Sekampung  
 Sumber: Laporan penelitian Andy Eka Saputra 2013

Selanjutnya dengan menggunakan bantuan program Visual Fortran 6,5 dalam penentuan profil muka aliran sebagai tools atau alat bantu dengan ketentuan syarat batas Debit Hidograf Banjir di sebelah hulu dan tinggi muka air disebelah hilir dengan asumsi tipikal Sungai Sekampung seperti di atas, dapat terlihat pada output di bawah ini

Tampilan running program yang telah di lakukan

```

H:\Leap Frog Scheme\Percoobaan 1\Debug\LF C H-H+Lateral (1).exe
*****
* LAPORAN PENELITIAN *
* ANDY EKA SAPUTRA & *
* DIDIK KUSWADI *
* PRGRM LEAPFROG - KARAKTERISTIK *
*****
PERHITUNGAN HINGGA TMAX = 172801.0 DETIK = 48.0JAM
-----
NILAI Q INITIAL = 0.0 M3/S
NILAI H INITIAL = 6.0 M
PERHITUNGAN HINGGA = 172801.0 DETIK = 48.0 JAM
MULAI PERHITUNGAN
Fortran Pause - Enter command<CR> or <CR> to continue.
    
```

Gambar 7. Tampilan program Leap frog karakteristik

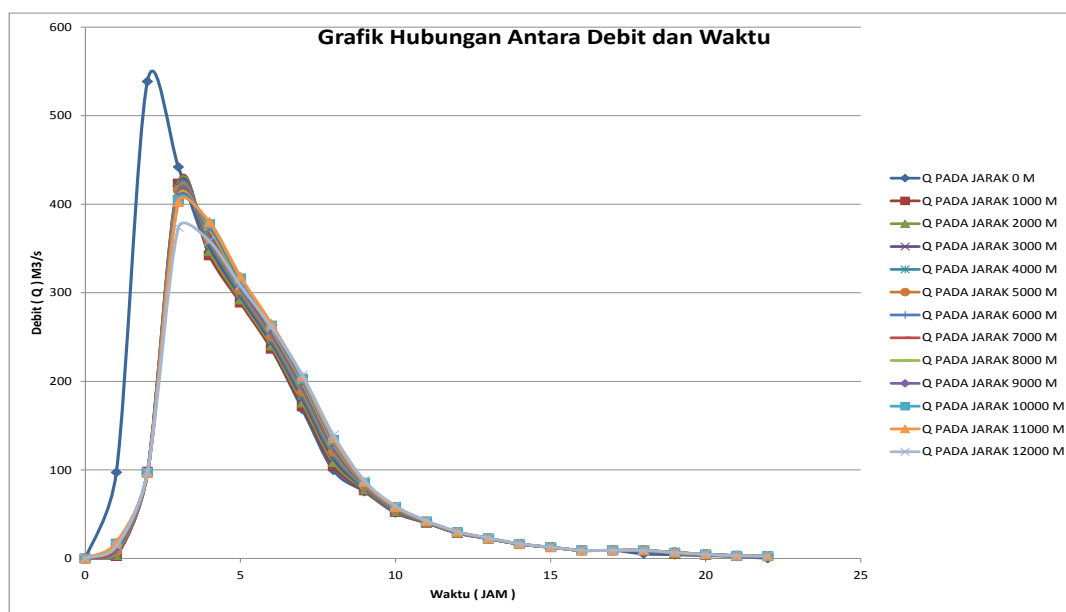
Didapatkan Hasil sebagai berikut:



Tabel 4. Tabel debit hasil running program

(jam)/ (m)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	97,2	2,487	3,744	5,001	6,093	7,186	9,156	11,126	13,356	15,587	16,954	18,322	14,321
2	538,45	98,12	97,124	96,129	96,149	96,169	96,211	96,252	96,311	96,37	96,363	96,356	97,751
3	441,98	423,387	421,842	420,296	418,31	416,323	413,996	411,669	409,2	406,731	404,551	402,372	373,799
4	345,52	341,981	346,776	351,57	355,983	360,395	364,349	368,303	371,671	375,038	377,522	380,005	358,366
5	291,31	288,647	292,286	295,925	299,335	302,746	305,856	308,966	311,652	314,339	316,306	318,273	307,95
6	237,10	236,608	240,145	243,682	246,967	250,253	253,224	256,194	258,715	261,236	263,024	264,811	261,482
7	168,31	171,589	175,889	180,188	184,167	188,146	191,692	195,239	198,189	201,139	203,139	205,139	206,672
8	99,54	104,447	108,563	112,679	116,47	120,26	123,605	126,949	129,657	132,365	134,096	135,826	139,053
9	75,48	76,686	77,945	79,204	80,36	81,517	82,525	83,533	84,334	85,134	85,626	86,118	87,922
10	51,43	52,27	53,097	53,924	54,669	55,415	56,056	56,698	57,198	57,697	57,995	58,293	59,434
11	39,93	40,114	40,394	40,674	40,927	41,181	41,397	41,613	41,777	41,941	42,04	42,138	42,714
12	28,43	28,572	28,784	28,996	29,18	29,365	29,523	29,681	29,804	29,926	29,994	30,061	30,46
13	22,24	22,291	22,389	22,487	22,565	22,644	22,72	22,796	22,855	22,914	22,948	22,981	23,199
14	16,04	16,056	16,118	16,179	16,232	16,285	16,336	16,386	16,42	16,454	16,476	16,498	16,652
15	12,5	12,551	12,589	12,627	12,659	12,69	12,725	12,759	12,778	12,798	12,81	12,822	12,914
16	9,05	9,044	9,071	9,098	9,118	9,137	9,156	9,174	9,186	9,198	9,207	9,217	9,28
17	9,05	9,083	9,099	9,116	9,126	9,136	9,149	9,161	9,168	9,175	9,194	9,213	9,241
18	5,1	9,076	9,08	9,084	9,091	9,098	9,114	9,13	9,142	9,154	9,167	9,179	9,183
19	4,1	4,877	5,662	6,448	6,802	7,157	6,881	6,604	6,537	6,47	6,648	6,826	6,624
20	3,1	3,789	4,098	4,408	4,581	4,754	4,846	4,937	4,902	4,866	4,787	4,707	4,586
21	2,1	2,482	2,683	2,885	3,041	3,198	3,269	3,34	3,314	3,288	3,224	3,159	3,034
22		2,355	2,487	2,619	2,719	2,818	2,86	2,901	2,883	2,865	2,848	2,831	2,727

Sumber: Hasil running program pengepungan dengan Microsoft Fortran 6.5



Gambar 8. Grafik hubungan debit dan waktu

Sumber: Hasil running program pengepungan dengan Microsoft Fortran 6.5

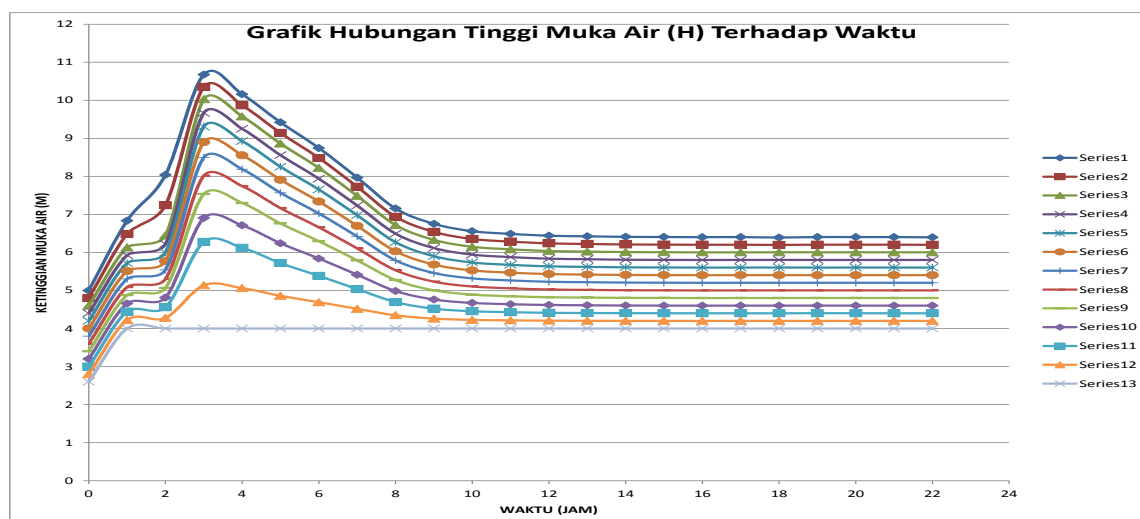
Dari hasil injeksi Hidograf Nakayasu di atas yang dipergunakan sebagai syarat batas *boundary condition* terlihat program hasil pengepungan (Grafik hubungan debit dan waktu Gambar 9), telah merespon baik dengan telah mengikuti pola dari injeksi Hidograf Nakayasu di atas sehingga di perkirakan hasil pengepungan dapat berjalan baik dan dapat diaplikasikan secara penuh pada penampang sungai yang lebih kompleks pada penelitian berikutnya.

Tabel 5. Tinggi muka air hasil running program

(jam)/ (m)	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000
0	5	4,8	4,6	4,4	4,2	4	3,8	3,6	3,4	3,2	3	2,8	2,6
1	6,835	6,483	6,131	5,925	5,718	5,511	5,303	5,089	4,876	4,659	4,443	4,222	4
2	8,038	7,242	6,445	6,223	6	5,771	5,542	5,303	5,065	4,811	4,558	4,279	4
3	10,675	10,351	10,027	9,667	9,308	8,902	8,496	8,016	7,535	6,905	6,275	5,138	4
4	10,158	9,865	9,573	9,248	8,924	8,555	8,186	7,743	7,3	6,711	6,123	5,061	4
5	9,42	9,141	8,862	8,557	8,252	7,91	7,567	7,164	6,761	6,241	5,72	4,86	4
6	8,745	8,483	8,221	7,937	7,653	7,338	7,024	6,66	6,296	5,84	5,384	4,692	4
7	7,967	7,728	7,488	7,232	6,977	6,699	6,42	6,106	5,791	5,414	5,036	4,518	4
8	7,154	6,937	6,72	6,494	6,268	6,029	5,791	5,532	5,274	4,985	4,695	4,348	4
9	6,752	6,541	6,33	6,116	5,901	5,681	5,46	5,232	5,004	4,763	4,522	4,261	4
10	6,559	6,354	6,149	5,943	5,736	5,527	5,318	5,105	4,892	4,673	4,455	4,227	4
11	6,488	6,285	6,082	5,878	5,674	5,469	5,264	5,057	4,849	4,639	4,429	4,215	4
12	6,44	6,239	6,038	5,836	5,635	5,432	5,23	5,027	4,823	4,619	4,414	4,207	4
13	6,424	6,223	6,023	5,822	5,621	5,419	5,218	5,016	4,814	4,611	4,408	4,204	4
14	6,41	6,21	6,01	5,809	5,609	5,408	5,208	5,007	4,806	4,605	4,404	4,202	4
15	6,406	6,206	6,006	5,805	5,605	5,405	5,205	5,004	4,804	4,603	4,402	4,201	4
16	6,402	6,202	6,002	5,802	5,602	5,402	5,202	5,001	4,801	4,601	4,401	4,2	4
17	6,404	6,203	6,003	5,803	5,603	5,403	5,203	5,002	4,802	4,602	4,401	4,201	4
18	6,392	6,198	6,004	5,804	5,604	5,403	5,203	5,003	4,802	4,602	4,401	4,201	4
19	6,405	6,204	6,004	5,803	5,602	5,403	5,203	5,003	4,803	4,603	4,403	4,201	4
20	6,404	6,204	6,004	5,803	5,603	5,403	5,203	5,003	4,803	4,602	4,402	4,201	4
21	6,404	6,204	6,004	5,803	5,603	5,403	5,203	5,002	4,802	4,602	4,401	4,201	4
22	6,397	6,2	6,004	5,803	5,603	5,403	5,203	5,002	4,802	4,602	4,401	4,201	4

Sumber: Hasil running program modifikasi pengepungan dan Microsoft Fortran 6.5

Dari hasil out put tinggi muka air terhadap waktu pola yang dikeluarkan telah mengikuti injeksi debit Nakayasu yang diberikan di atas sehingga aplikasi program pengepungan dapat dilanjutkan pada aplikasi berikutnya pada tahap lanjutan penelitian.



Sumber: Hasil running program modifikasi pengepangan dan Microsoft Fortran 6.5

**KESIMPULAN**

1. Modifikasi pengepangan persamaan kontinuitas  $h_j^{n+1} = h_j^{n-1} - \left( \frac{1}{B_j^n} \right) \left( \frac{\Delta t}{\Delta x} \right) (Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n)$  dan momentum

$$Q_j^{n+1} = \left\{ \left[ -2\beta \left( \frac{Q}{A} \right)_j \frac{Q_{j+1}^n - Q_{j-1}^n}{2\Delta x} + \beta \left( \frac{Q^2}{A^2} \right)_j \frac{A_{j+1}^n - A_{j-1}^n}{2\Delta x} + g \cdot A_j^n \frac{h_{j+1}^n - h_{j-1}^n}{2\Delta x} + g \cdot \frac{Q|Q|^n}{C^2 A R_j} \right] (2\Delta t) \right\} + Q_j^{n-1}$$

asil dikepingkang dengan skema *leap frog* dan dapat dijadikan acuan dalam penelitan berikutnya yang lebih mendalam.

2. Dari hasil pembuatan model pada simulasi Microsoft fortran 6.5 yang dilakukan, syarat batas (BC) Hidograf telah mewakili secara baik dengan Hidograf Banjir Nakayasu kala ulang 50 tahun sebagai nilai syarat batas *boundary condition* pada program tersebut sekaligus sebagai dasar pengecekan modifikasi pengepangan telah sesuai dengan yang diharapkan.
3. Dari hasil running program *Leap frog* melalui software fortran pada bab di atas terlihat bahwa dari injeksi Hidograf Banjir Nakayasu pada syarat batas hulu berupa Debit (Q) pada segmen atau jarak 0 m dan running selama 21 jam output pada tabel 4 sama dengan nilai injeksi Nakayasu kala ulang 50 tahun sehingga Hasil program komputer yang dihasilkan dapat dijadikan dasar pada penelitian karakteristik profile aliran sungai lebih lanjut.
4. Hasil modifikasi ini dan program komputer dapat dilanjutkan untuk mendukung pemetaan daerah banjir pada penelitian lebih lanjut adapun Peneliti masih menggunakan asumsi tipikal sungai sederhana berbentuk trapesium hasil penelitian ini dapat dilanjutkan pada tipe cross section yang lebih detail sesuai kondisi nyata di lapangan yang ada sehingga mewakili kondisi keadaan yang sebenarnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Anonymous, 1996, Pedoman Pengendalian Banjir Vol.II, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan

Cahyono M, 2008, Hidraulika Lanjut, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung

CD. Sumarto, B.I.E, Ir. Dipl. H, 1995, Hidrologi Teknik, Penerbit Erlangga Jakarta,

Chow Ven Te, Maidment David R., Mays W Larry, (1988) : *Applied Hydrology*, The McGraw-Hill Inc, Singapura

Chow, Van Te, 1996, Applied Hydrology, McGrawl International Edition, Singapore

Soewarno. (1991): *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova, Bandung.

Soemarto, CD. (1999) : *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta.