

PENGEMBANGAN MODEL ELLIPS UNTUK PENDUGAAN FLUKTUASI MUKA AIR TANAH PADA LAHAN RAWA PASANG SURUT

Ngudiantoroⁱ, Hidayat Pawitanⁱⁱ, Muhammad Ardiansyahⁱⁱⁱ,
M. Yanuar J. Purwanto^{iv}, Robiyanto H. Susanto^v

Abstrak : Banyak fenomena pergerakan objek dalam alam berupa elips. Gerakan fluktuasi permukaan air di bawah tanah antara dua saluran tersier juga mungkin digambarkan dalam bentuk elips. Permukaan air di bawah tanah di atas area dataran rendah berubah-ubah sesuai dengan ruang serta waktu. Faktor-faktor yang mempengaruhi fluktuasi permukaan air di bawah tanah adalah curah hujan, evapotranspiration, rasi dari permukaan laut, konduktivitas hidrolis tanah, dan sistem reklamasi penjarangan. Tujuan-tujuan penelitian ini untuk mengembangkan satu model fluktuasi permukaan air di bawah tanah terhadap area dataran rendah. Hasilnya dari penelitian adalah diharapkan mendukung pengembangan agrikultur terhadap area dataran rendah, terutama manajemen air, karena manajemen air berperan penting pada agrikultur terhadap area dataran rendah. Kirkham telah merumuskan persamaan dari ketinggian permukaan air di bawah tanah dan pengaturan jarak parit sebagai digambarkan oleh elips Dupuit-Forchheimer. Model fluktuasi permukaan air di bawah tanah dikembangkan pada penelitian ini berbasis pada konsep lonjong. Berlawanan dengan Kirkham, perbatasan parit di model difluktuasi permukaan air di bawah tanah adalah terletak di atas titik utama dari elips (fokus dan titik puncak elips). Hasilnya dari penelitian itu adalah memperkirakan model tabel dalamnya air terhadap area dataran rendah rasi serta persamaan pengaturan jarak parit di blok tersier. Simulasi dari pemodelan menunjukkan bahwa parameter dari permukaan air di saluran tersier mempunyai sensitivitas tinggi ke/pada model.

Kata kunci: model lonjong, permukaan air di bawah tanah, area dataran rendah

Abstract : A lot of phenomena of object movement in the nature have the shape of ellipse. The movement of water table fluctuation between two the tertiary canals also can be illustrated by the shape of ellipse. The water table on tidal lowland area fluctuates according to space and time. The factors which influence of water table fluctuation are the rainfall, evapotranspiration, tidal of sea level, hydraulic conductivity of soil, and the reclamation netting system. The objectives of this research are to develop a model of water table fluctuation on tidal lowland area. The results of the research are expected to support of the agricultural development on tidal lowland area, especially on water management, because the water management an important role in the agricultural on tidal lowland area. Kirkham had formulated the equations of the height of water table and the ditch spacing as illustrated by the Dupuit-Forchheimer ellipse. The model of water table fluctuation which is developed in this research also based on the ellipse concept. In contrast to Kirkham, the boundary of the ditch at the model of water table fluctuation is located on the principal points of ellipse (the focus and the peak point of ellipse). The results of the research that is the estimate model of the depth of water table on tidal lowland area and the equation of the ditch spacing in the tertiary block. The simulations of model show that the parameter of the water level in the tertiary canals has high sensitivity to the model.

Keywords : ellipse model, water table, tidal lowland area.

ⁱ Ngudiantoro¹, dkk, adalah Dosen Jurusan Matematika Unsri

PENDAHULUAN

Lahan rawa, baik rawa pasang surut maupun rawa non-pasang surut (rawa lebak), merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat potensial dan lokasinya tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Luas lahan rawa di Indonesia diperkirakan mencapai 33 juta hektar yang terdiri dari 20 juta hektar lahan rawa pasang surut dan 13 juta hektar lahan rawa non-pasang surut. Dari luasan tersebut, total lahan rawa yang telah dikembangkan pemerintah kurang lebih 1,8 juta hektar, terdiri dari 1,5 juta hektar lahan rawa pasang surut dan 0,3 juta hektar lahan rawa non-pasang surut (Departemen Pekerjaan Umum, 2007).

Lahan rawa dapat dimanfaatkan untuk pertanian tanaman pangan dan hortikultura, perkebunan, perikanan, hutan tanaman industri, konservasi sumber daya alam, dan ekowisata. Pengembangan lahan rawa pasang surut untuk pertanian tanaman pangan, terutama padi, memiliki prospek yang sangat baik dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan nasional. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya lahan pertanian produktif (irigasi teknis), terutama di Pulau Jawa, akibat alih fungsi lahan untuk permukiman, industri, dan kegiatan non-pertanian lainnya. Melalui pengelolaan lahan dan air yang tepat, produksi padi pada lahan rawa pasang surut dapat ditingkatkan dari 1 kali panen dengan rata-rata 2 ton GKP/ha, menjadi 2 kali panen dengan rata-rata 5,5 ton GKP/ha pada MT I dan 3 ton GKP/ha pada MT II (LWMTL, 2006).

Pertanian lahan rawa pasang surut merupakan pengetahuan yang terus tumbuh dan berkembang. Berbagai pemikiran dan penelitian terus dilakukan dalam upaya meningkatkan produksi dan indeks pertanaman (IP). Pada awal reklamasi, sistem jaringan tata air yang dibangun masih merupakan sistem jaringan terbuka dengan fungsi utama untuk drainase. Pengaturan tata air sepenuhnya masih bergantung pada kondisi alam, sehingga kemampuan pelayanan tata air masih sangat rendah. Pada sistem jaringan terbuka, tipe luapan air pasang menjadi pertimbangan utama dalam penerapan sistem usahatani. Noorsyamsi *et al.* (1984), Widjaja-Adhi *et al.* (1992), Euroconsult (1996), dan Nugroho (2004) mengklasifikasikan tipe luapan pada lahan rawa pasang surut berdasarkan kemampuan luapan air pasang.

Dengan dibangunnya infrastruktur pengendali air, maka beberapa pokok persoalan teknis dalam pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut mulai dapat dipecahkan. Suryadi (1996) menggunakan kondisi hidrotopografi lahan sebagai pertimbangan awal dalam membuat perencanaan untuk pengelolaan air pada lahan rawa pasang surut. Hidrotopografi lahan merupakan perbandingan relatif antara elevasi permukaan tanah dengan tinggi muka air di sungai atau saluran terdekat. Selanjutnya, Susanto (1998) menggabungkan pertimbangan hidrotopografi lahan dan konsep SEW-30 sebagai sistem evaluasi status air di

blok sekunder dan tersier. Sistem yang sama juga dikaji oleh Edrissea *et al.* (2000) dengan menggunakan konsep SEW-30 dan DRAINMOD. Menurut Susanto (2000), pengendalian muka air tanah di blok tersier merupakan suatu proses kunci yang harus dilakukan dengan tepat melalui pengendalian air di saluran tersier.

Pengelolaan air memiliki peranan penting dalam pengembangan pertanian lahan rawa pasang surut, karena pengelolaan air akan mempengaruhi kondisi muka air tanah di petak lahan. Namun demikian, pengelolaan air masih terkendala oleh kondisi infrastruktur pengendali air yang belum memadai. Selain itu, teknik pengelolaan air yang diterapkan juga masih bergantung pada pengamatan muka air tanah secara langsung di lapangan, yaitu dengan membuat sumur-sumur pengamatan. Meskipun memiliki akurasi yang tinggi, namun pengamatan secara langsung memerlukan waktu, tenaga, dan biaya yang besar, serta terbatas pada titik pengamatan dan jangka waktu pengamatan tertentu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membangun model penduga yang dapat memprediksi kedalaman muka air tanah di petak lahan, sehingga kondisi muka air tanah di petak lahan dapat diketahui dengan cepat melalui parameter-parameter model sebagai prediktor.

METODOLOGI

Lokasi contoh yang dijadikan sebagai model area dalam pemodelan yaitu sistem jaringan tata air di daerah reklamasi rawa

pasang surut Delta Telang I dan Delta Saleh Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Model fluktuasi muka air tanah pada lahan rawa pasang surut dibangun melalui tahapan pemodelan sebagai berikut:

1. Kajian teoritis tentang muka air tanah dan model-model terkait;
2. Deskripsi model;
3. Identifikasi sistem fluktuasi muka air tanah;
4. Formulasi model fisik muka air tanah;
5. Formulasi model matematika;
6. Simulasi model;
7. Validasi model; serta
8. Evaluasi hasil dan perbaikan.

PEMODELAN

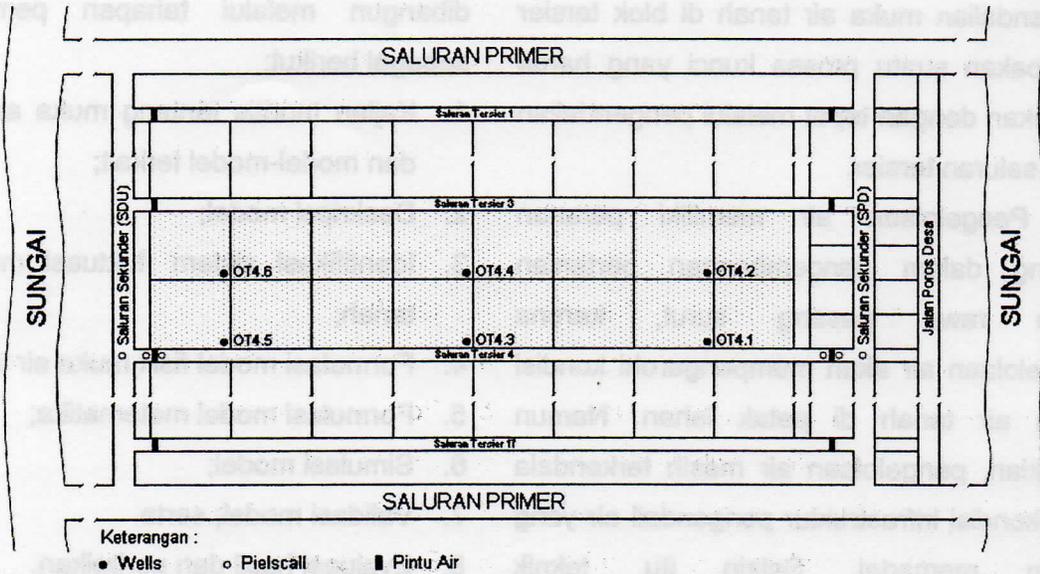
Deskripsi Model

Pemodelan fluktuasi muka air tanah pada lahan rawa pasang surut dilakukan di blok tersier, yaitu pada petak lahan di antara dua saluran tersier yang sejajar seperti yang disajikan pada Gambar 1 di bawah ini.

Jaringan tata air di daerah reklamasi rawa pasang surut Delta Telang I dan Delta Saleh terdiri dari: 1) Saluran primer, yaitu saluran yang dibuat tegak lurus dan terhubung langsung dengan sungai utama; 2) Saluran sekunder, terdiri dari saluran pengairan desa (SPD) dan saluran drainase utama (SDU), kedua saluran tersebut tegak lurus dan terhubung langsung dengan saluran primer; 3) Saluran tersier, yaitu saluran yang dibuat

tegak lurus dan terhubung langsung dengan saluran tersier dan terhubung langsung dengan saluran sekunder; dan 4) Saluran kuartar, yaitu saluran yang dibuat tegak lurus dengan

saluran tersier dan terhubung langsung dengan lahan usahatani.



Gambar 1 Sketsa lahan di daerah reklamasi rawa pasang surut Delta Telang I dan Delta Saleh.

Lahan usahatani di daerah reklamasi rawa pasang surut Delta Telang I dan Delta Saleh terdiri dari beberapa blok. Tata nama diberikan sesuai dengan hirarki dalam sistem jaringan tata air. Lahan yang berada di antara dua saluran sekunder (SPD dan SDU) disebut sebagai blok sekunder, sedangkan lahan yang berada di antara dua saluran tersier disebut sebagai blok tersier.

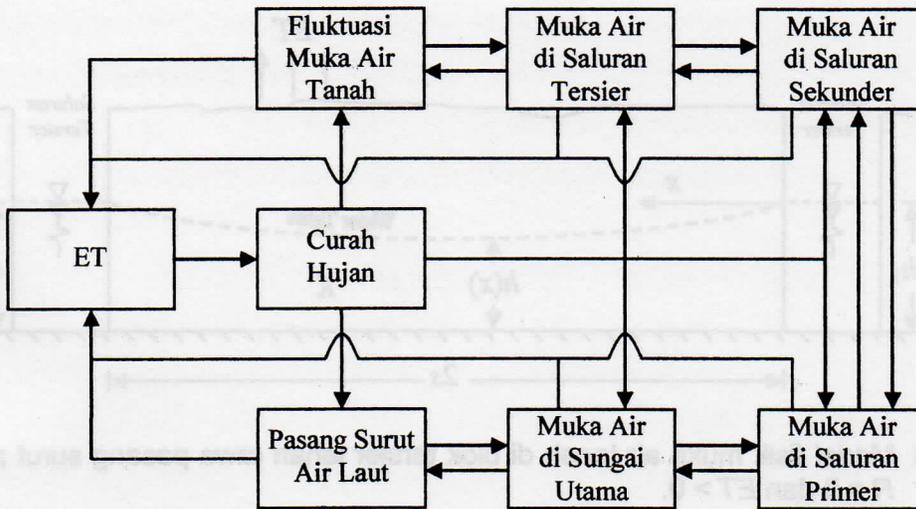
Dalam satu blok sekunder terdapat 17 saluran tersier, atau terdapat 16 blok tersier. Luas lahan usahatani dalam satu blok tersier yaitu 16 hektar, sehingga total lahan usahatani dalam satu blok sekunder yaitu seluas 256 hektar. Di Delta Telang I terdapat 60 blok sekunder, sedangkan di Delta Saleh ada 40 blok sekunder. Dalam sistem

pengelolaan air, setiap blok tersier merupakan satu unit sistem pengelolaan air.

Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem fluktuasi muka air tanah pada lahan rawa pasang surut yang disajikan dalam bentuk diagram *causal loop* dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah.

Muka air tanah pada lahan rawa pasang surut berfluktuasi menurut ruang dan waktu. Fluktuasi muka air tanah antara lain dipengaruhi oleh curah hujan, evapotranspirasi, dan tinggi muka air di saluran yang berfluktuasi akibat pasang surut air laut.



Gambar 2 Diagram *causal loop* sistem fluktuasi muka air tanah pada lahan rawa pasang surut.

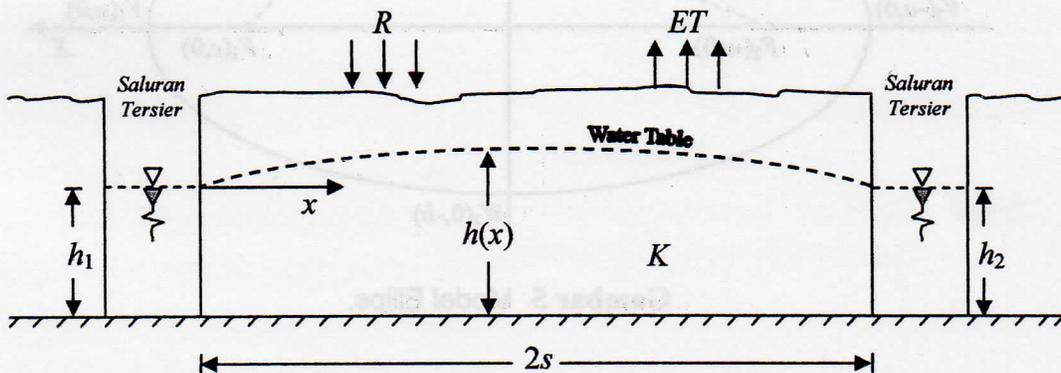
Curah hujan akan dapat meningkatkan muka air tanah melalui proses infiltrasi. Pada bagian yang lain, tingginya suhu udara akan mendorong terjadinya proses evapotranspirasi, yang dapat menurunkan muka air tanah. Pengisian air di dalam tanah oleh air hujan dan pelepasan air karena proses evapotranspirasi akan menyebabkan terjadinya fluktuasi muka air tanah.

Faktor lain yang juga menyebabkan terjadinya fluktuasi muka air tanah yaitu fluktuasi muka air di saluran karena pengaruh

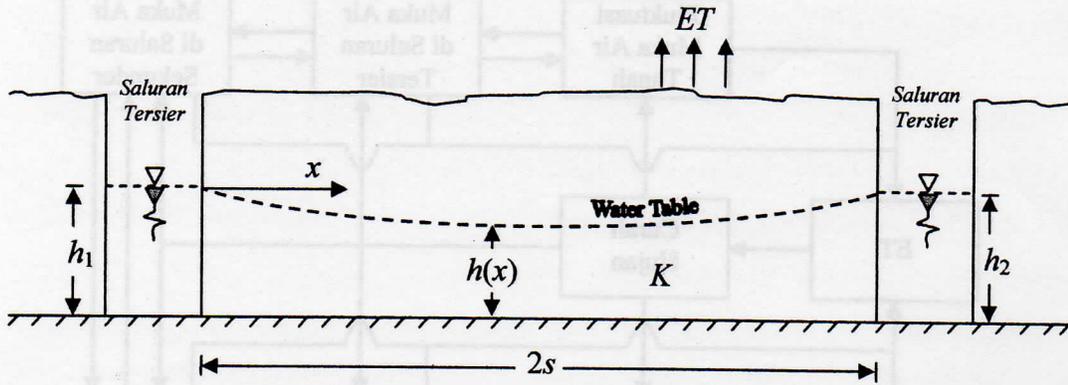
pasang surut air laut. Air di saluran akan merembes masuk dan keluar lahan melalui aliran lateral. Kecepatan aliran air yang merembes masuk dan keluar lahan dipengaruhi oleh keterhantaran hidraulik tanah dan jarak antarsaluran.

Model Fisik Muka Air Tanah

Model fisik muka air tanah pada petak lahan rawa pasang surut di antara dua saluran tersier yang sejajar dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3 Model fisik muka air tanah di blok tersier lahan rawa pasang surut pada kondisi $R > 0$ dan $ET \geq 0$.

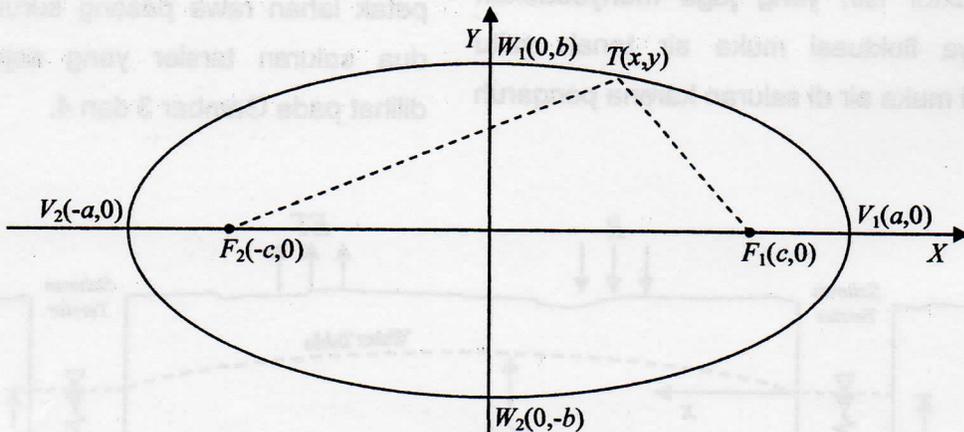


Gambar 4 Model fisik muka air tanah di blok tersier lahan rawa pasang surut pada kondisi $R = 0$ dan $ET > 0$.

Parameter-parameter model fluktuasi muka air tanah pada lahan rawa pasang surut yaitu: 1) Tinggi muka air tanah pada jarak x dari saluran ($h(x)$); 2) Tinggi muka air di saluran tersier (h_1 dan h_2); 3) Curah hujan (R); 4) Evapotranspirasi (ET); 5) Keterhantaran hidraulik tanah (K); 6) Jarak antarsaluran tersier ($2s$); dan 7) Lebar saluran (l).

Persamaan Ellipsis

Secara matematis, ellipsis merupakan tempat kedudukan atau himpunan titik-titik pada bidang datar yang mempunyai jumlah jarak tertentu terhadap dua titik tertentu. Dua titik tertentu yang dimaksud tersebut yaitu fokus ellipsis. Pada Gambar 5, F_1 dan F_2 merupakan titik-titik fokus ellipsis. Kedua titik tersebut terletak pada sumbu X dan saling simetris terhadap sumbu Y . Jarak kedua titik adalah $2c$.



Gambar 5 Model Ellipsis.

Misalkan jumlah jarak dari setiap titik $T(x,y)$ ke F_1 dan F_2 adalah $2a$, maka diperoleh persamaan ellipsis sebagai berikut:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \text{ dengan } a^2 - b^2 = c^2 \text{ (a, b, dan } c > 0) \dots\dots\dots (1)$$

Jika $y = 0$ maka $x = \pm a$, dan jika $x = 0$ maka $y = \pm b$. Dari hubungan a , b , dan c tampak bahwa $a > b$ dan $a > c$.

Sumbu yang melalui fokus dinamakan sumbu utama ellips, sedangkan sumbu yang tegak lurus sumbu utama dinamakan sumbu sekawan ellips. Perpotongan kedua sumbu ellips disebut sebagai pusat ellips. Ellips memotong sumbu X di $V_1(a,0)$ dan $V_2(-a,0)$, kedua titik tersebut dinamakan puncak ellips. Selanjutnya, ellips memotong sumbu Y di $W_1(0,b)$ dan $W_2(0,-b)$, kedua titik tersebut dinamakan puncak sekawan ellips. Ruas garis V_1V_2 dinamakan sumbu panjang ellips (sumbu mayor), panjangnya $2a$, sedangkan ruas garis W_1W_2 dinamakan sumbu pendek ellips (sumbu minor), panjangnya $2b$. Garis yang melalui titik fokus dan tegak lurus sumbu utama ellips merupakan talibusur terpendek yang melalui titik fokus. Ruas garis tersebut dinamakan *latus rectum* (LR) ellips,

panjangnya adalah $\frac{2b^2}{a}$.

Dari $a^2 - b^2 = c^2$, diperoleh

$$\frac{b}{a} = \sqrt{1 - \left(\frac{c}{a}\right)^2}$$

Nilai $\frac{c}{a} < 1$, nilai itu disebut

eksentrisitas ellips (e). Makin besar nilai e ,

maka $\frac{b}{a}$ makin kecil, atau semakin relatif

kecil terhadap a , akibatnya ellips semakin pipih. Oleh karena itu, e juga merupakan faktor kepipihan ellips.

Dalam keadaan khusus, yang terbentuk bukan lagi ellips, yaitu:

- Jika $e = 0$, maka $\frac{b}{a} = 1$ atau $b = a$, sehingga yang terbentuk adalah lingkaran;
- Kedua fokus ellips berimpit dengan pusat ellips. Jika $\frac{c}{a} = 1$, maka $\frac{b}{a} = 0$ atau $b = 0$, sehingga yang terbentuk adalah garis lurus.

Model Ellips Kirkham

Kirkham (1967) dalam van Schilfgaarde (1974) merumuskan persamaan jarak antarsaluran yang diilustrasikan melalui bentuk ellips (Gambar 6) sebagai berikut:

$$(z + h_w)^2 - h_w^2 = \frac{R}{K}(2sx - x^2) \dots\dots\dots(2)$$

dengan

h_w = Tinggi air pada saluran di atas lapisan kedap.

$z + h_w$ = Tinggi muka air tanah di atas lapisan kedap.

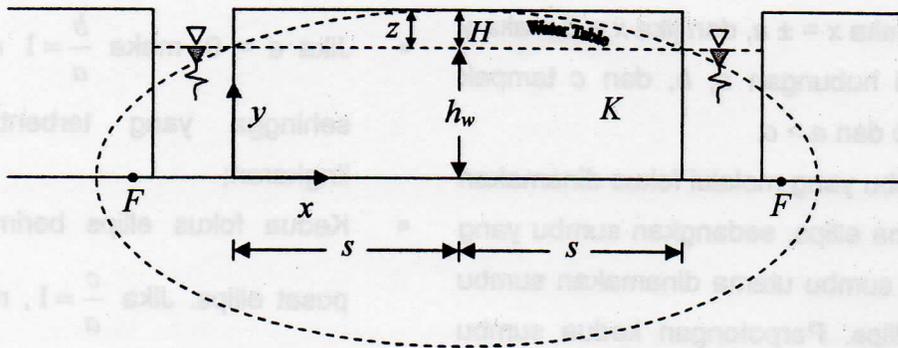
x = Jarak dari saluran.

R = Curah hujan.

K = Keterhantaran hidraulik tanah.

$2s$ = Jarak antarsaluran.

Persamaan (2) didasarkan pada teori **Dupuit-Forchheimer** yang membuat dua asumsi: 1) Untuk kemiringan yang kecil pada permukaan bebas (*free surface*), *streamline* dapat diambil seperti horisontal; dan 2) Velositas yang berhubungan dengan *streamline* adalah proporsional dengan lereng permukaan bebas, tetapi tidak tergantung pada kedalaman.



Gambar 6 Bentuk saluran dan Ellips *Dupuit-Forchheimer* (Kirkham, 1967).

Kirkham (1967) menunjukkan bahwa asumsi-asumsi tersebut memberikan hasil yang nyata jika diaplikasikan pada tanah yang memiliki konduktivitas tak hingga (*infinite conductivity*) dengan arah vertikal. Untuk jenis tanah yang lain, kedua asumsi tersebut memberikan hasil prakiraan. Konduktivitas vertikal yang tak hingga diperkirakan melalui tanah yang memiliki banyak lubang cacing, lubang akar, dan retakan.

Tinggi muka air tanah maksimum (H_m) terletak pada pusat ellips, diperoleh pada saat $x = s$. Jarak antarsaluran ($2s$) dinyatakan dengan persamaan:

$$s = \sqrt{\frac{K}{R}(H_m^2 - h_w^2)} \text{ dengan } H_m = H + h_w \dots (3)$$

Model Fluktuasi Muka Air Tanah

Kirkham (1967) dalam van Schilfgaard (1974) telah merumuskan persamaan tinggi muka air tanah dan jarak antarsaluran yang diilustrasikan melalui bentuk ellips *Dupuit-Forchheimer*. Selanjutnya, Marino dan Luthin (1982) merumuskan persamaan tinggi muka air tanah dan aliran air dari lahan ke saluran. Persamaan tinggi muka air tanah yang dirumuskan Marino dan

Luthin akan sama dengan persamaan Kirkham pada kondisi tinggi muka air di kedua saluran sama.

Pada tahun 1986, Chescheir *et al.* merumuskan persamaan air rembesan lateral dari dan ke kolom saluran melalui penyelesaian persamaan secara simultan untuk aliran paralel antarsaluran dengan kondisi pembatas mengikuti persamaan Marino dan Luthin. Metode prakiraan untuk mengukur air rembesan lateral dari dan ke kolom saluran yang dikembangkan oleh Chescheir *et al.* (1986) telah dibandingkan dengan solusi elemen hingga yang berdimensi dua dari persamaan *Richard*, dan menunjukkan hasil yang sama baiknya. Oleh karena itu, metode prakiraan Chescheir *et al.* (1986) telah digabungkan ke dalam model pengelolaan air, yaitu model DRAINMOD. DRAINMOD adalah model simulasi komputer yang dikembangkan di North Carolina State University pada pertengahan tahun 1970-an.

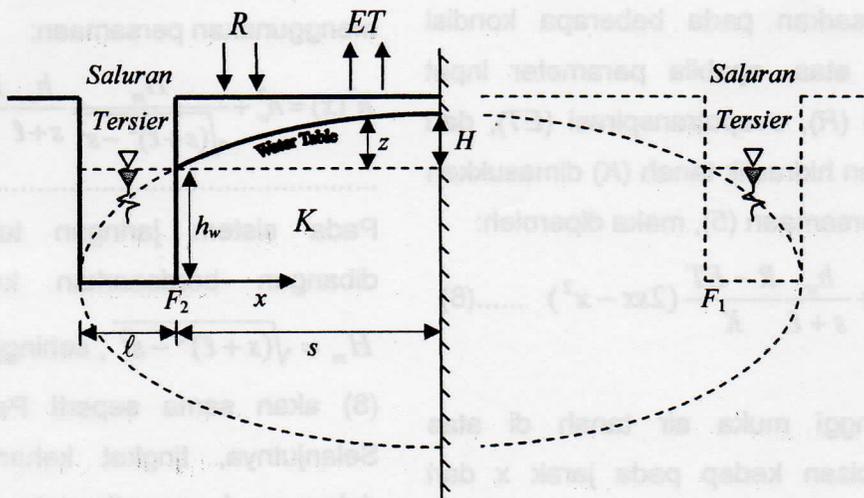
Model fluktuasi muka air tanah pada lahan rawa pasang surut merupakan modifikasi dari model Kirkham. Pada model ellips yang diilustrasikan oleh Kirkham, dua

buah saluran di dalam ellips diletakkan secara bebas, batas tepi saluran tidak ada yang terikat dengan titik-titik utama ellips (titik fokus dan titik puncak ellips).

Berbeda dengan konsep yang dikembangkan oleh Kirkham, model fluktuasi muka air tanah yang dibangun dalam penelitian ini menempatkan batas tepi

saluran pada titik-titik utama ellips (**Gambar 7**), dan didasarkan atas asumsi bahwa:

1. Model ellips untuk muka air tanah mengintroduksi konsep *mirror image*;
2. Kedalaman saluran sampai pada lapisan kedap; dan
3. Kemiringan permukaan lahan relatif kecil.



Gambar 7 Modifikasi Model Ellips Kirkham

Dengan asumsi-asumsi tersebut, maka persamaan ellips pada Gambar 7 dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{(s-x)^2}{(s+l)^2} + \frac{(z+h_w)^2}{(s+l)^2 - s^2} = 1 \text{ dengan}$$

$$(s+l)^2 - (H+h_w)^2 = s^2 \dots\dots\dots (4)$$

atau

$$h^2(x) = h_w^2 + \frac{h_w}{s+l} (2sx - x^2) \dots\dots\dots (5)$$

Jika ellips pada Gambar 5 dan 7 diintegrasikan, maka akan diperoleh kondisi sebagai berikut:

- $s+l \cong a$, $s \cong c$, dan $H+h_w \cong b$;
- Jika panjang a dan c tetap, maka panjang b dapat tetap atau berubah.

Panjang b akan berubah apabila terjadi dilatasi pada y . Jika panjang b berubah, maka y juga akan berubah untuk setiap nilai x ;

- Pada kondisi riil, lebar saluran dan jarak antarsaluran adalah tetap, sehingga panjang $s+l$ dan s tetap. $H+h_w$ (tinggi maksimum muka air tanah) dapat berubah karena pengaruh beberapa faktor, antara lain:
 - Peningkatan muka air tanah karena pengisian dari air hujan (R);
 - Penurunan muka air tanah karena proses evapotranspirasi (ET);

- Naik turunnya muka air di saluran tersier (h_w); dan
- Keterhantaran hidraulik tanah (K), yang mempengaruhi kecepatan aliran air merembes masuk dan keluar lahan.
- Jika $H + h_w$ berubah, maka $z + h_w$ atau $h(x)$ juga akan berubah untuk setiap perubahan pada x .

Berdasarkan pada beberapa kondisi tersebut di atas, apabila parameter input curah hujan (R), evapotranspirasi (ET), dan keterhantaran hidraulik tanah (K) dimasukkan ke dalam Persamaan (5), maka diperoleh:

$$h^2(x) = h_w^2 + \frac{h_w}{s + \ell} \frac{R - ET}{K} (2sx - x^2) \dots\dots(6)$$

dengan

$h(x)$ = Tinggi muka air tanah di atas lapisan kedap pada jarak x dari saluran (m).

h_w = Tinggi muka air pada saluran di atas lapisan kedap (m).

R = Curah hujan (mm/hari).

ET = Evapotranspirasi (mm/hari).

K = Keterhantaran hidraulik tanah (mm/hari).

x = Jarak dari saluran (m).

$2s$ = Jarak antarsaluran (m).

ℓ = Lebar saluran (m).

Selanjutnya, tinggi muka air tanah maksimum terletak pada pusat ellips, dicapai pada saat $x = s$ dan $z = H$, sehingga jarak antarsaluran ($2s$) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$s = \frac{K}{R - ET} \frac{H_m^2 - h_w^2}{h_w} + h_w - \ell \quad (7)$$

dengan $H_m = H + h_w$ adalah tinggi muka air tanah maksimum.

Dalam penerapannya, tidak semua sistem jaringan tata air yang dibangun didasarkan atas konsep ellips. Oleh karena itu, pendugaan kedalaman muka air tanah pada lahan tersebut dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$h^2(x) = h_w^2 + \frac{H_m}{\sqrt{(s + \ell)^2 - s^2}} \frac{h_w}{s + \ell} \frac{R - ET}{K} (2sx - x^2) \dots\dots\dots(8)$$

Pada sistem jaringan tata air yang dibangun berdasarkan konsep ellips,

$H_m = \sqrt{(s + \ell)^2 - s^2}$, sehingga Persamaan

(8) akan sama seperti Persamaan (6).

Selanjutnya, tingkat kehandalan model dalam pendugaan ditentukan dari: 1)

Nilai koefisien korelasi (R) antara hasil dugaan dan pengamatan; serta 2) Galat baku pendugaan atau *root mean square error* ($RMSE$). Kedua nilai tersebut diperoleh dari persamaan berikut:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \dots\dots\dots(9)$$

dan

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}{N}} \dots\dots\dots(10)$$

dengan

y_i = Nilai pengamatan pada waktu ke- i .

\bar{y} = Nilai rata-rata pengamatan.

x_i = Nilai dugaan pada waktu ke- i .

\bar{x} = Nilai rata-rata dugaan.

N = Jumlah pengamatan.

KESIMPULAN

1. Model penduga kedalaman muka air tanah pada lahan rawa pasang surut dan persamaan jarak antarsaluran telah dirumuskan, masing-masing dapat dilihat pada Persamaan (6) dan (7). Lebar saluran (ℓ) dan evapotranspirasi (ET) merupakan parameter baru dalam model.
2. Parameter yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap model yaitu tinggi muka air di saluran tersier (h_w). Ketinggian muka air tanah di petak lahan berbanding lurus dengan tinggi muka air di saluran tersier. Kenaikan atau penurunan muka air di saluran tersier akan menyebabkan kenaikan atau penurunan muka air tanah di petak lahan dengan besaran yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Chescheir, G.M., Guy Fipps, and R.W. Skaggs. 1986. An approximate method for quantifying lateral seepage to and from drained fields. Paper; For presentation at the 1986 Winter Meeting American Society of Agricultural Engineers, Hyatt Regency, Chicago IL, December 16-19, 1986.
- Edrissea, F., R.H. Susanto dan M. Amin. 2000. Penggunaan konsep SEW-30 dan DRAINMOD untuk evaluasi status air di petak sekunder dan tersier di daerah reklamasi rawa pasang surut Telang I dan Saleh Sumatera Selatan. Semiloka Manajemen Daerah Rawa dan Kawasan Pesisir. Palembang 4-6 Maret 2000.
- Euroconsult. 1996. *Buku Panduan untuk Pengamat Proyek Telang-Saleh*. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Pengairan, Direktorat Pembinaan Pelaksanaan Wilayah Barat.
- Kirkham, D. 1967. Explanation of paradoxes in Dupuit-Forchheimer seepage theory. *Water Resour. Res.* 3:609-622.
- Kirkham, D., Sadik Toksöz and R.R. van Der Ploeg. Steady flow to drains and well. in van Schilfgaarde, J. 1974. *Drainage for Agriculture*. Editor. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin USA.
- LWMTL. 2006. Program Manajemen Air dan Lahan Pasang Surut (*Land and Water Management Tidal Lowlands*) di Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Juni 2004 - Agustus 2006.
- Marino, M.A. and J.N. Luthin. 1982. *Seepage and Groundwater*. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, The Netherlands. 489 pp.
- Noorsyamsi, H., H. Anwarhan, S. Soelaiman and H.M. Beachell. 1984. Rice cultivation in the tidal swamp in Kalimantan. Workshop on research priorities in the tidal swamps rice. IRRI Los Banos Philipine.
- Nugroho, K. 2004. *Aspek Hidrologi dalam Klasifikasi Tipe Luapan Pasang Surut, Studi Kasus Daerah Telang Sumatera Selatan*. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suryadi, F.X. 1996. *Soil and Water Management Strategies for Tidal Lowlands in Indonesia*. [Disertasi]. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Susanto, R.H. 2000. Manajemen air daerah reklamasi rawa dalam kompleksitas sistem usahatani. Workshop Teknologi Pengembangan Lahan Rawa; Integrated Swamps Development Project Loan.

Palembang 29 Agustus-1 September 2000.

Widjaja-Adhi, I.P.G., K. Nugroho, D.A. Suriakarta dan A. Syarifuddin Karama. 1992. Sumberdaya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatannya. Makalah Utama, Disajikan dalam Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Bogor, 3-4 Maret 1992.

Susanto, R.H. 1998. Water status evaluation in tertiary and secondary blocks of South Sumatra reclaimed tidal lowlands using the hidrotopography and SEW-30 concepts. Proceeding of the Young Professional Forum-International Commision on Irrigation and Drainage Seminar (B3). Bali July 23, 1998.

DAFTAR PUSTAKA

Christie, G.M., Guy-Fox, and R.W. Stoger. 1988. An approximate method for predicting lateral seepage to and from drained soils. Paper for presentation at the 1988 Water Meeting American Society of Agricultural Engineers, Hyatt Regency Chicago II, December 18-19, 1988.

Samra, F., R.H. Susanto dan M. Amin. 2000. Pengukuran konsep SEW-30 dan BRANOD untuk evaluasi status air di blok sekunder dan tertier di lahan reklamasi rawa pasang surut pasang surut dan pantai. Laporan Penelitian dan Riset Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Palembang, 29 Agustus-1 September 2000.

Widjaja-Adhi, I.P.G., K. Nugroho, D.A. Suriakarta dan A. Syarifuddin Karama. 1992. Sumberdaya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatannya. Makalah Utama, Disajikan dalam Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Bogor, 3-4 Maret 1992.

Christie, G.M., Guy-Fox, and R.W. Stoger. 1988. An approximate method for predicting lateral seepage to and from drained soils. Paper for presentation at the 1988 Water Meeting American Society of Agricultural Engineers, Hyatt Regency Chicago II, December 18-19, 1988.

Samra, F., R.H. Susanto dan M. Amin. 2000. Pengukuran konsep SEW-30 dan BRANOD untuk evaluasi status air di blok sekunder dan tertier di lahan reklamasi rawa pasang surut pasang surut dan pantai. Laporan Penelitian dan Riset Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Palembang, 29 Agustus-1 September 2000.

Widjaja-Adhi, I.P.G., K. Nugroho, D.A. Suriakarta dan A. Syarifuddin Karama. 1992. Sumberdaya Lahan Pasang Surut, Rawa dan Pantai: Potensi, Keterbatasan dan Pemanfaatannya. Makalah Utama, Disajikan dalam Pertemuan Nasional Pengembangan Pertanian Lahan Pasang Surut dan Rawa. Bogor, 3-4 Maret 1992.