

ISSN 0216-3934



BULETIN H A S I L PENELITIAN

VOL. 17, 2020

2020

**BALAI PENELITIAN
AGROKLIMAT DAN HIDROLOGI
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

 @balitklimat

 Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

 @balitklimat.kemantan

<http://balitklimat.litbang.pertanian.go.id/>



Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi

@ 2020, Balitklimat Bogor

ISSN 0216-3934

Volume 17, 2020

Penanggung Jawab: Harmanto
Redaksi Teknis: Anggri Hervani, Elsa Rakhmi Dewi, Nani Heryani, Suciantini, Yulius Argo Baroto dan Husna Alfiani
Redaksi Pelaksana: Eko Prasetyo dan Hari Kurniawan
Penerbit: Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Jl, Tentara Pelajar 1A, Bogor 16111, Jawa Barat, Indonesia
Telepon +62-0251-8312760
Faksimil +62-0251-8323909

PRAKATA

Buletin ini memuat makalah hasil penelitian primer ataupun *review* yang berkaitan dengan sumberdaya iklim dan air. Makalah yang disajikan sudah melalui tahap seleksi dan telah dikoreksi Tim Redaksi, baik dari segi isi, bahasa, maupun penyajiannya. Pada edisi ini terdapat lima makalah, yang disajikan dalam bahasa Indonesia.

Untuk memperlancar penerbitan tahun-tahun berikutnya, artikel yang dimuat tidak perlu terikat secara kronologis oleh penyajian makalah atau acara seminar, tetapi lebih ditentukan oleh ketanggapan penulis dan kelayakan ilmiah tulisan.

Redaksi mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu memperlancar proses penerbitan. Semoga media ini bermanfaat bagi khalayak. Kritik dan saran dari pembaca selalu kami nantikan.

Redaksi

Climate Change and Agriculture sector in Indonesia: Impacts and adaptation options to 2100. ANGGRI HERVANI	3
Studi Dampak Pemompaan Air Tanah Terhadap Debit Recharge Di Lahan Rawa. MUCHAMAD WAHYU TRINUGROHO	11
Model Spasial Kadar Air Tanah Di Kabupaten Indramayu Mendukung Era Revolusi Industri 4.0. MUHAMAD RONAL SAHBANA KOSWARA dan YAYAN APRIYANA	22
Analisis Indeks Penggunaan Air Untuk Deteksi Kekritisn Air (Studi Kasus Das Cicitih-Cimandiri, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat). POPI REJEKININGRUM	31
Potensi Tanam Padi pada Musim Kemarau 2020 di Provinsi Jawa Timur. MISNAWATI, DARIIN FIRDA, NAADAA RACHMAWATI	47

CARA MERUJUK YANG BENAR

Hervani A. 2020. Climate Change and Agriculture sector in Indonesia: Impacts and adaptation options to 2100. Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. 17 : 3-10.

Tulisan yang dimuat adalah hasil penelitian primer maupun review yang berkaitan dengan sumberdaya iklim dan air, dan belum pernah dipublikasikan pada media cetak mana pun. Tulisan hendaknya mengikuti Pedoman Bagi Penulis (lihat halaman sampul dalam). Redaksi berhak menyunting makalah tanpa mengubah isi dan makna tulisan atau menolak penerbitan suatu makalah.

STUDI DAMPAK PEMOMPAAN AIR TANAH TERHADAP DEBIT RECHARGE DI LAHAN RAWA

Muchamad Wahyu Trinugroho

ABSTRAK

Ekplorasi air tanah merupakan usaha yang tidak dapat dihindari dalam pemenuhan air baku untuk keperluan domestik. Studi ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemompaan air tanah terhadap debit recharge pada suatu ekosistem rawa dengan melakukan simulasi air tanah menggunakan *MODFLOW*. Simulasi dampak pemompaan air tanah dilakukan pada 6 kondisi, yaitu 3 skenario sebelum pemompaan dan 3 skenario sesudah pemompaan, selain itu juga dilakukan kajian pengaruh volume debit pemompaan dan perubahan lokasi sumur terhadap debit *recharge*. Hasil simulasi menunjukkan dari 6 kondisi dihasilkan perbedaan debit *recharge* antar skenario yang relatif kecil, sedang pengaruh volume debit pemompaan sumur terhadap penurunan debit recharge sebesar 0,53 %. Sedangkan hasil yang lain lokasi sumur pemompaan menunjukkan semakin jauh dari sungai maka terjadi penurunan debit recharge dengan rata-rata penurunan 0,11 %. Pada kajian ini pemodelan air tanah berhasil dilakukan sebagai alat bantu untuk mempelajari karakteristik air tanah dalam rangka eksploitasi air tanah.

Kata kunci : Modflow, air tanah, pemompaan

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan salah satu komponen sumber daya air dalam suatu siklus hidrologi disamping air permukaan. Air tanah memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan ketersediaan air. Pemanfaatan Air tanah pada lapisan akuifer banyak dilakukan melalui pemompaan. Efek yang ditimbulkan akibat eksploitasi tanpa memperhatikan keseimbangan yang ada akan mempengaruhi penurunan air tanah, Pemodelan aliran air tanah berguna untuk memahami sistem, perilaku serta simulasi arah aliran sehingga sistem pengelolaan air tanah yang ramah lingkungan dapat dilakukan.

Pemodelan air tanah merupakan penyederhanaan suatu sistem atau perilaku air tanah beserta pengelolannya yang dilakukan oleh manusia (Babel, 2014). Pemodelan air tanah dilakukan untuk memperkirakan berapa banyak perubahan kondisi permukaan air yang akan terjadi di masa depan karena pola pengelolaan air tanah yang sedang berlangsung dengan menggunakan persamaan matematis berdasarkan asumsi penyederhanaan tertentu. Asumsi ini biasanya melibatkan arah aliran, geometri akuifer, heterogenitas / anisotropi sedimen, batuan dasar dalam akuifer, mekanisme transportasi kontaminan dan reaksi kimia.

MODFLOW adalah model matematis yang terdiri dari beberapa persamaan diferensial yang diketahui untuk menghitung aliran air tanah. Keandalan prediksi dari model air tanah bergantung pada seberapa baik model mendekati kondisi real (Harbaugh, 2005). Model digunakan untuk aplikasi praktis dalam aliran air tanah dengan visualisasi dua dimensi dan simulasi transportasi kontaminan.

Pemanfaatan air tanah telah banyak diterapkan di seluruh dunia. Diantara pemanfaatan air tanah adalah untuk pemenuhan kebutuhan air bersih. Pemanfaatan banyak dilakukan dengan melakukan pemboran pada titik yang telah ditentukan. Kemudian, sumur itu dipompa

secara konstan pada periode tertentu. Penelitian ini bertujuan :

1. Mengevaluasi dampak perubahan kondisi pemompaan pada ekosistem rawa
2. Untuk menghitung dan membandingkan total debit *recharge* ke rawa dengan skenario sebelum pemompaan dengan saat pemompaan dengan beberapa skenario.

METODOLOGI

Lokasi Kajian ditunjukkan pada (Gambar 1). Lokasi dibatasi dengan dua pegunungan di sebelah barat dan timur, sungai di sebelah utara dan ekosistem rawa di sebelah selatan. Komposisi batuan di sekitar lokasi adalah didominasi pasir dan sebagian kerikil.

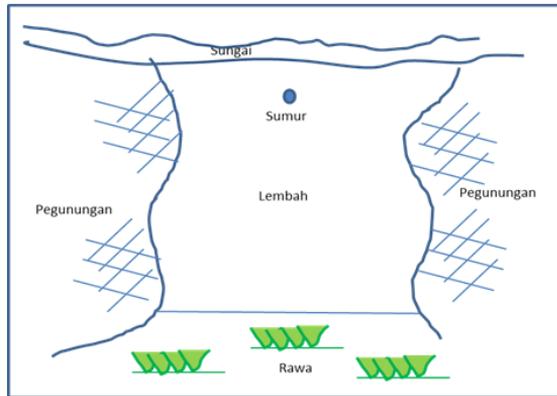
Penelitian ini telah dilakukan simulasi dengan menggunakan model air tanah. Pemodelan meliputi kompilasi data, penentuan parameter model, penyusunan model, dan analisis. Sementara itu, secara alami karakteristik air tanah adalah bagian suatu sistem yang kompleks maka dalam hal ini kondisi batas konstan diasumsikan di daerah sungai dan rawa dengan tidak ada aliran pada setiap sisi. Simulasi dilakukan dengan mengamati pada lokasi yang diapit antara sungai dan ekosistem rawa.

Perancangan model

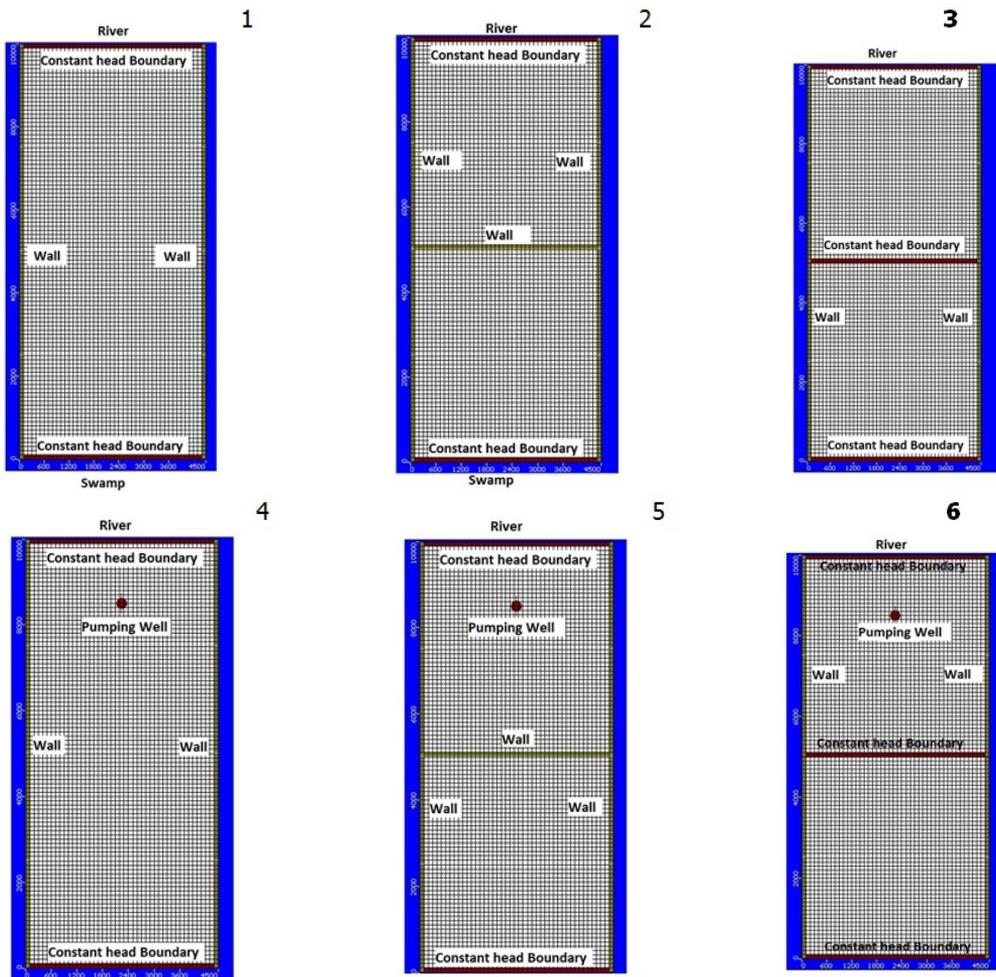
Penyusunan model terdiri dari grid desain, parameter waktu, kondisi batas (*boundary condition*) kondisi awal dan parameter estimasi (Gambar 2). Simulasi dilakukan dengan beberapa kondisi/skenario :

1. Kondisi sebelum pemompaan tanpa ada pembatas
2. Kondisi sebelum pemompaan dengan pembatas di tengah area berupa dinding
3. Kondisi sebelum pemompaan dengan pembatas ditengah dengan muka air yang konstan
4. Kondisi sesudah pemompaan tanpa ada pembatas
5. Kondisi sesudah pemompaan dengan pembatas di tengah area berupa dinding
6. Kondisi sesudah pemompaan dengan pembatas ditengah dengan muka air yang konstan.

Selain mensimulasikan dengan kondisi-kondisi di atas, dilakukan juga simulasi pengaruh debit pemompaan dan lokasi sumur pompa terhadap debit recharge.



Gambar 1. Lokasi kajian dan serta titik pemompaan



Gambar 2. Skenario Simulasi debit *recharge* sebelum pemompaan (1,2,3) dan sesudah pemompaan (4,5, dan 6)

Perancangan model dengan menggunakan model Visual MODFLOW v.2.7.2 dengan kondisi 2D *steady state* (aliran yang langgeng, dengan kondisi kecepatan serta arah yang konstan). Untuk penyederhanaan simulasi, *water recharge* di asumsikan secara konstan secara horisontal dan vertikal. Level ketinggian air sungai dan rawa dipertahankan secara tetap. Untuk mensimulasikan 6 kondisi di atas digunakan persamaan Darcy pada kondisi Air tanah *steady-state* (Todd, 1980):

$$Q = -KA \frac{\Delta h}{L} \dots\dots(1)$$

Dimana,

Q = Debit discharge (m³/hari)

L = Jarak antar head muka air tanah (m)

Δh = perbedaan elevasi head air tanah (m)

A = penampang melintang (m²)

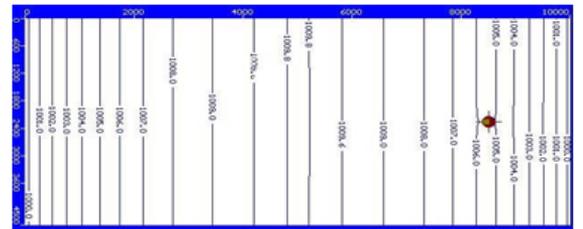
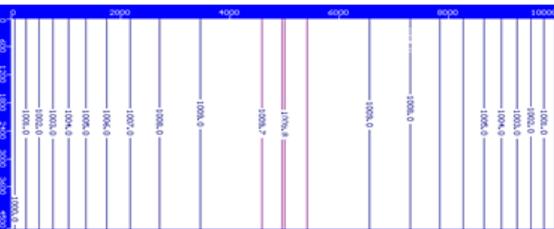
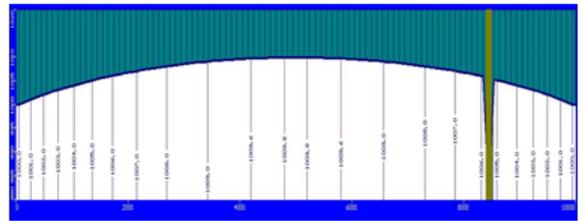
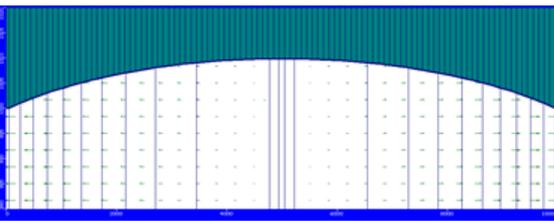
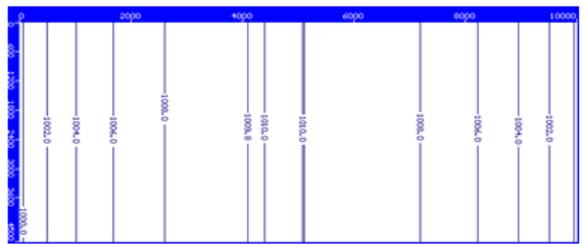
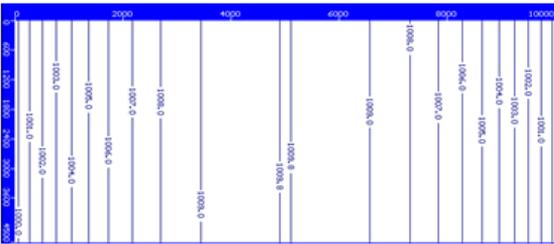
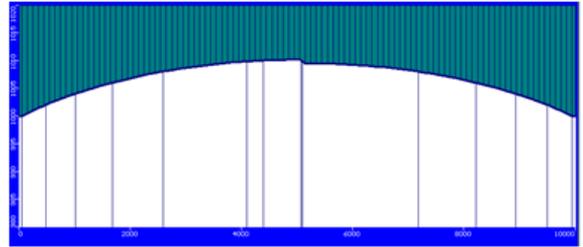
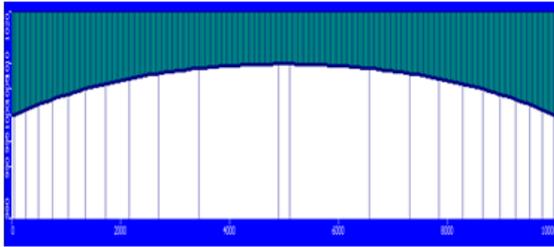
K = Konduktivitas hidraulik (m/hari)

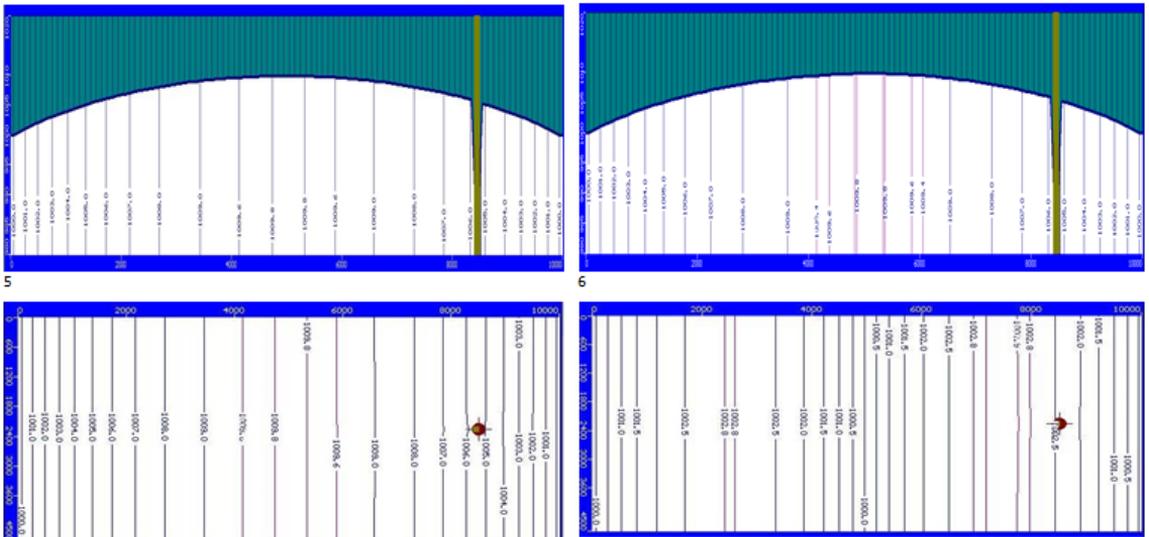
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data input model diperoleh dari pengukuran dan dari referensi yang ada (Bear & Cheng, 2010). Data spasial seperti jarak, penampang melintang dan konduktivitas *hydraulic* diperoleh dari pengukuran, sedang *specific storage* dan porositas diperoleh dari studi literasi (Pacheco & Weijden, 2012). Semua data di input ke dalam model di setting dengan menentukan initial kondisi dan kondisi boundary. Setelah dilakukan simulasi dengan MODFLOW diperoleh hasil simulasi dengan 6 kondisi sebelum dan sesudah pemompaan disajikan pada Gambar 3.



Hasil dari simulasi antara sebelum dan sesudah pemompaan dengan skenario dari 6 kondisi disajikan sebagai berikut :





Gambar 3. Hasil simulasi debit *recharge* dengan 6 skenario, sebelum pemompaan (1,2,3) dan sesudah pemompaan (4,5,6)

DISKUSI

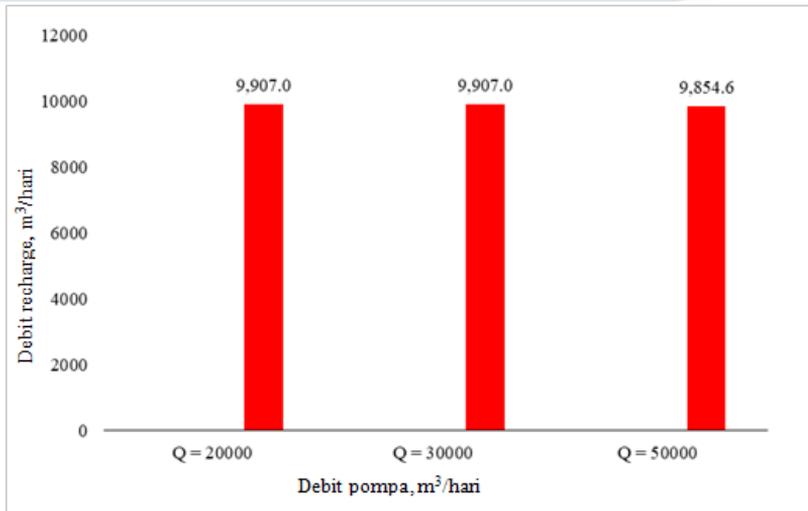
Hasil simulasi 2 dimensi menunjukkan transek dari ekosistem rawa di sebelah kiri menuju irisan area pemompaan serta sungai di sebelah kanan. Dari transek tersebut, muka air tanah berbentuk agak cembung dengan gradien yang relatif kecil yaitu sebesar $1/1000$, atau dapat dikatakan relative rata/datar. Hal ini disebabkan karena tekanan hidrolik potensial di bagian tengah lebih kecil dibanding di bagian sisi penampang. Semua hasil simulasi baik sebelum pemompaan atau saat pemompaan menunjukkan secara visual kontur muka air tanah model tidak ada perbedaan secara nyata. Pada kondisi 3 pada irisan melintang muka air tanah nampak terjadi patahan pada bagian tengah, hal itu dikarenakan efek pembuatan batas dinding dibagian tengah tetapi hal ini tidak mempengaruhi kontur muka air yang dihasilkan. Perbedaan patahan yang terjadi sangat kecil sehingga kita dapat abaikan pengaruhnya. Tinggi muka air tanah pada semua kondisi relatif stabil dengan muka air tertinggi di bagian tengah sebesar 1009,8 m. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa intervensi maupun dengan intervensi pembuatan dinding pembatas, kondisi muka air tanah tidak berubah. Maka kondisi 2 dan 3 tidak mempengaruhi kondisi keseimbangan alami muka air tanah.

Dengan membandingkan kondisi 5 dan 7, dengan dan tanpa kondisi pemompaan sumur menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap tinggi muka air tanah. Pada area sekitar pemompaan terjadi *drawdown*/surut dengan pengaruh yang relatif kecil dengan bentuk muka air tanah sedikit cembung. Sedara lebih rinci, ditunjukkan ketika tanpa ada dinding batas, maka tidak ada perbedaan tinggi muka air tanah yang signifikan, dengan tinggi 1009,8 m, pada lokasi 5000 m dari sisi sungai. Oleh karena itu, pemompaan sumur tidak berpengaruh terhadap penurunan aliran muka air tanah ke rawa.

Sedang hasil simulasi volume debit *recharge* ditunjukkan pada Tabel 1. Secara singkat, perbedaan debit *recharge* ke rawa dengan 6 kondisi tidak signifikan. Perbedaan debit untuk kondisi saat pemompaan sebesar 0,78%. Sedang perbedaan debit *recharge* untuk kondisi sebelum pemompaan adalah antara 3,86% - 5,07%. Selanjutnya, dilakukan simulasi perhitungan volume debit pemompaan yang berbeda dengan menggunakan dasar kondisi 4 (pemompaan tidak ada interfensi pembuatan dinding pembatas dibagian tengah). Dasar pemikiran yang digunakan adalah kita ingin mempelajari pengaruh pemompaan air tanah terhadap kondisi debit *recharge* pada ekosistem rawa.

Tabel 1. Perbandingan debit *recharge* pada 6 kondisi

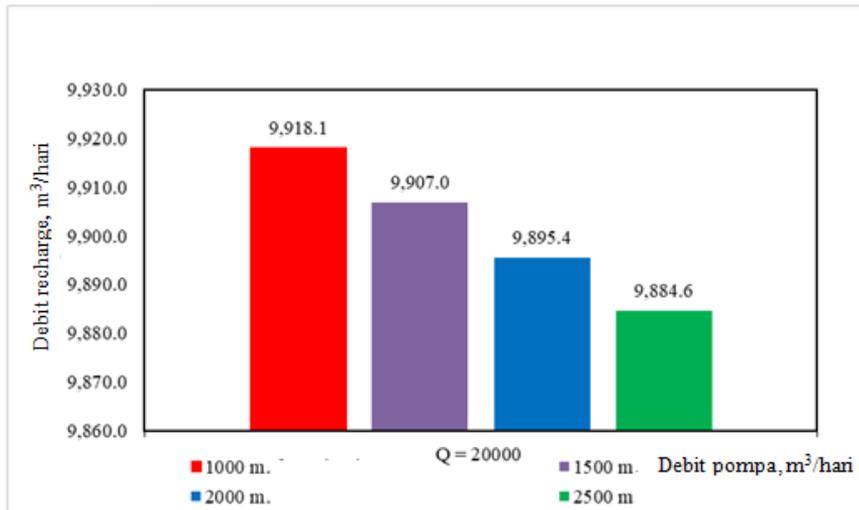
Sebelum pemompaan	K(m/day)	H	B	A (m ²)	L (m)	h ₁ (m)	h ₂ (m)	Δh (m)	Q(m ³ /day)
		(lebar) (m)	Panjang (m)						
Kondisi 1	50	20	4,500	90,000	4,515.0	1,009.8	1,000	9.8	9,767.4
Kondisi 2	50	20	4,500	90,000	4,542.0	1,010.1	1,000	10.1	10,006.6
Kondisi 3	50	20	4,500	90,000	4,610.0	1,009.8	1,000	9.8	9,566.2
Saat pemompaan									
Kondisi 4	50	20	4,500	90,000	4,480.0	1,009.8	1,000	9.8	9,843.7
Kondisi 5	50	20	4,500	90,000	4,330.0	1,010.0	1,000	10.0	10,392.6
Kondisi 6	50	20	4,500	90,000	4,856.0	1,009.8	1,000	9.8	9,081.5



Gambar 4. Pengaruh debit pemompaan terhadap debit recharge ke rawa

Dari grafik hasil perhitungan secara jelas jika kita meningkatkan debit pemompaan dari 20.000 m³ / hari menjadi 30.000m³ / hari, tidak mempengaruhi debit *recharge* ke rawa. Ketika dilakukan peningkatan debit pemompaan menjadi 50.000 m³ / hari, debit *recharge* turun dari 9.907m³ / hari menjadi 9854,6m³ / hari (0,53%). Penurunan debit *recharge* terjadi disebabkan perbedaan tinggi head sumur pompa dengan head inlet sungai relatif besar penurunannya. Pada studi ini juga dilakukan pengaruh lokasi pemompaan pada debit *recharge* dengan mengubah lokasi pemompaan terhadap letak sungai pada simulasi. Debit pemompaan simulasi digunakan volume debit pompa yang relatif stabil terhadap debit *recharge*. Berdasarkan simulasi sebelumnya digunakan angka debit pompa optimum yaitu sebesar 20000 m³/hari.

Berdasarkan hasil simulasi perubahan lokasi sumur pompa (Gambar 5) menunjukkan adanya hubungan debit recharge dengan jarak lokasi sungai. Semakin jauh sumur pompa terhadap sungai, maka debit *recharge* akan semakin menurun. Hal ini ditunjukkan, ketika letak sumur pompa berjarak 1000 m dengan debit pemompaan 20000 m³/hari maka debit recharge sebesar 9918.1 m³/hari, sedang pada saat lokasi terjauh sekitar 2500 m maka debit recharge sebesar 9884.6 m³/hari dengan rata-rata Penurunan debit recharge terhadap lokasi sumur sebesar 0.11 %. Hal ini sesuai dengan hukum darcy masih ada pengaruh kohesivitas muka air di sungai yang kuat terhadap penurunan muka air sumur pada saat pemompaan.



Gambar 5. Pengaruh lokasi sumur pompa terhadap debit *recharge* ke rawa

KESIMPULAN

Studi melalui simulasi dampak pemompaan air tanah terhadap debit *recharge* air tanah telah dilakukan.

- Evaluasi perhitungan total debit recharge ke rawa dengan skenario sebelum pemompaan dengan saat pemompaan dengan beberapa skenario telah dapat dilakukan dengan memphitungkan Kondisi batas/*boundary* diperlukan untuk menentukan bagaimana model secara spesifik berinteraksi dengan keseluruhan sistem aliran pada suatu model.
- Berdasar hasil simulasi, pemompaan dapat dilakukan karena tidak akan mengurangi debit air tanah ke rawa secara signifikan.
- Penentuan lokasi pemompaan menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan neraca air tanah pada simulasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Babel, M.S. 2014. *Modeling of Water Resources Systems*. (Lecture notes, Course No. CE74.55, School of Engineering and Technology). Bangkok: Asian Institute of Technology.
- Bear, J., & Cheng, A. . (2010). *Modeling Groudwater flow and contaminant transport*. Groundwater *Media*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6682-5>
- Harbaugh, A. W. (2005). MODFLOW-2005, The U.S. *Geological Survey Modular Ground-Water Model the GroundWater Flow Process*. Reston, Virginia: USGS.
- Pacheco, F. A. L., & Van der Weijden, C. H. (2012). Integrating topography, hydrology and rock structure in weathering rate models of spring watersheds. *Journal of Hydrology*, 32(5): 428–429. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.01.019>
- Todd (1980), *Groundwater Hydrology*, John Wiley. United States