

EFEKTIVITAS KOLOM PASIR PADA WADUK RESAPAN SEBAGAI PENYANGGA INTRUSI AIR LAUT

Akhmad Azis¹⁾, Hamzah Yusuf¹⁾, Sugiarto Badaruddin¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Excessive groundwater extraction, causing the occurrence of water vacancies under the surface of the soil, causes the sea water pressure to land larger, resulting in sea water intrusion. To support seawater intrusion, one way that can be done is by adding groundwater using a sand column placed at the bottom of the recharge reservoir which connects directly to the aquifer layer. The purpose of this study was to analyze the effectiveness of using sand columns in recharge reservoirs as a buffer for sea water intrusion. This research is a numerical modeling study using SEAWAT program simulation, which will produce data in the form of sea water intrusion. Parameters used are: the number of sand columns, isochlor concentration, each parameter consists of 3 variables and the reservoir water level is 8 variables. The simulation results obtained show the increasing number of sand columns and reservoir water height, the length of seawater intrusion can be shortened even in the use of three sand columns, reservoir water level of 97 cm, a decrease of 2281.05% compared to without using a sand column. On the contrary, the higher the long concentration of isochlor, the longer the sea water intrusion.

Keywords: *recharge reservoir, sand column, sea water intrusion*

1. PENDAHULUAN

Pengambilan air tanah berlebihan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat serta kegiatan komersil lainnya telah membuat kekosongan airtanah di bawah permukaan, sehingga berdampak pada terjadinya intrusi air laut (Herlambang dan Indriatmoko, 2005). Pada kondisi alami, airtanah akan mengalir secara terus menerus ke laut. Berat jenis air asin sedikit lebih besar daripada berat jenis air tawar, maka air laut akan mendesak air tawar di dalam tanah lebih ke hulu. Tetapi karena tinggi tekanan *piezometric* airtanah lebih tinggi daripada muka air laut, desakan tersebut dapat dinetralisir dan aliran air yang terjadi adalah dari daratan kelautan, sehingga terjadi keseimbangan antara air laut dan airtanah, sehingga tidak terjadi intrusi air laut (Putranto dan Kusuma, 2009). Proses intrusi makin panjang bisa dilakukan pengambilan airtanah dalam jumlah berlebihan (Herlambang dan Indriatmoko, 2005). Menurut Hargono (2011) bila intrusi sudah masuk pada sumur, maka air sumur akan menjadi asin sehingga tidak dapat lagi dipakai untuk keperluan sehari-hari. Untuk mengatasi hal tersebut, salah satu cara untuk melakukan imbuhan buatan yakni dengan waduk resapan yang memiliki kemampuan untuk meresapkan aliran permukaan dibandingkan dengan embung atau situ yang selama ini lebih banyak berfungsi sebagai tandon air, karena waduk resapan didesain mencapai lapisan akuifer (Azis, A. 2015). Namun terjadi permasalahan, jika waduk resapan yang akan dibangun pada suatu kawasan tertentu, memiliki tanah dengan nilai permeabilitas kecil dan daya resap rendah, menyebabkan air sangat lambat mencapai lapisan akuifer sehingga fungsinya sebagai waduk resapan tidak tercapai (Hardiyatmo, 2010). Untuk mengatasi hal tersebut telah diteliti sebelumnya penggunaan model kolom pasir, yang diletakkan pada dasar waduk resapan yang berhubungan langsung ke lapisan akuifer dengan beberapa parameter ternyata dapat meningkatkan debit air yang masuk ke dalam lapisan akuifer. Berdasarkan keberhasilan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar efektifitas dari penggunaan kolom pasir pada waduk resapan terhadap intrusi air laut menggunakan model numerik. Sedangkan urgensi dari penelitian ini adalah untuk menjadi tambahan khasanah ilmu pengetahuan dalam kontribusi bermakna terhadap pengembangan pembangunan waduk resapan, serta sebagai salah satu solusi alternatif dalam usaha melakukan pencegahan terjadinya intrusi air laut.

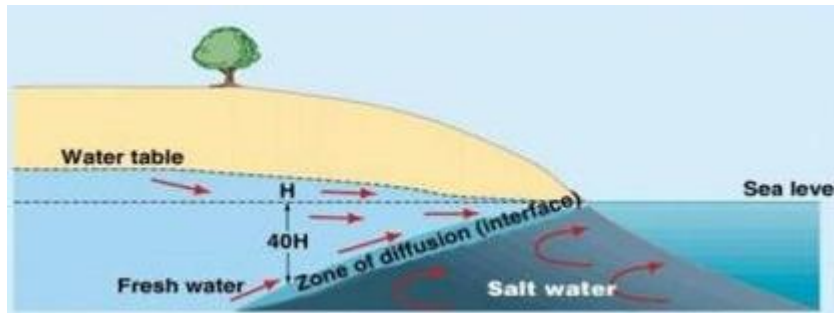
1.1 Intrusi Air Laut

Peranan air tanah sebagai sumberdaya alam untuk melengkapi air permukaan untuk suplai alamiah, kualitas relatif tetap, biaya investasi relatif rendah, dan pemanfaatannya dapat dilakukan di tempat yang membutuhkannya. Masyarakat, baik perseorangan maupun kelompok membutuhkan air untuk keperluan sehari-hari dan untuk kebutuhan lainnya. Dari berbagai macam kebutuhan tersebut, maka air untuk keperluan

¹ Korespondensi penulis: Akhmad Azis, Telp 081342299403, akhmad_azis@poliupg.ac.id

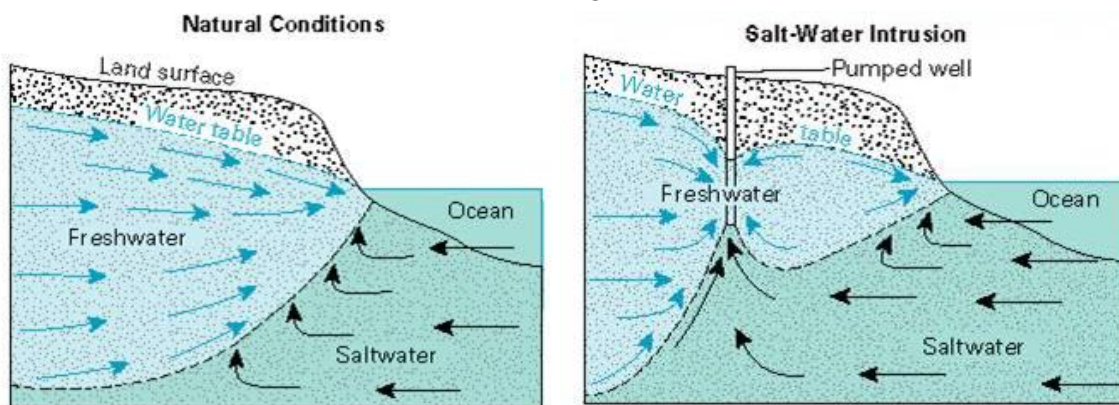
air minum merupakan prioritas utama, dibandingkan dengan keperluan yang lain. Hal ini berarti fungsi air sebagai air minum harus diupayakan sebaik-baiknya agar memenuhi persyaratan kualitas dan kuantitasnya, serta digunakan sebaik-baiknya bagi kebutuhan makhluk hidup. Mengingat peran air tanah semakin penting, maka pemanfaatan air tanah harus didasarkan pada keseimbangan dan kelestarian air bawah tanah dengan cara melakukan pengisian air ke dalam tanah, baik dengan cara alami maupun buatan.

Zona pantai merupakan wilayah yang secara topografi berupa dataran rendah dan dilihat secara morfologi berupa dataran pantai. Secara geologi, batuan penyusun dataran umumnya berupa endapan aluvial yang terdiri dari lempung, pasir dan kerikil hasil dari pengangkutan dan erosi batuan di bagian hulu sungai. Umumnya batuan di dataran bersifat lepas, sehingga potensi airtanahnya cukup baik. Permasalahan pokok pada zona pantai adalah keragaman sistem akuifer, posisi dan penyebaran intrusi air laut diakibatkan adanya pengambilan airtanah untuk kebutuhan nelayan dan industri.



Gambar 1. Penampang Melintang Pertemuan Airtanah dan Air Laut

Secara alamiah air laut tidak dapat masuk jauh ke daratan sebab airtanah memiliki piezometric yang menekan lebih kuat dari pada air laut, sehingga terbentuklah interface sebagai batas antara airtanah dengan air laut. Keadaan tersebut merupakan keadaan kesetimbangan antara air laut dan airtanah.



Gambar 2. Kondisi Interface yang Alami dan Sudah Mengalami Intrusi

Penyusupan air laut ke dalam sistem akuifer melewati dua sistem, yaitu intrusi air laut dan upconning. Intrusi air laut di daerah pantai merupakan suatu proses penyusupan air asin dari laut ke dalam airtanah di daratan. Zona pertemuan antara air asin dengan air tawar disebut interface. Pada kondisi alami, airtanah akan mengalir secara terus menerus ke laut. Berat jenis air asin sedikit lebih besar daripada berat jenis air tawar, maka air laut akan mendesak air tawar di dalam tanah lebih ke hulu. Tetapi karena tinggi tekanan piezometric airtanah lebih tinggi daripada muka air laut, desakan tersebut dapat dinetralisir dan aliran air yang terjadi adalah dari daratan kelautan, sehingga terjadi keseimbangan antara air laut dan airtanah, sehingga tidak terjadi intrusi air laut. Intrusi air laut terjadi bila keseimbangan terganggu. Aktivitas yang menyebabkan intrusi air laut diantaranya pengambilan air tanah melalui pemompaan yang berlebihan, karakteristik pantai dan batuan penyusun, kekuatan airtanah ke laut, serta fluktuasi airtanah di daerah pantai. Proses intrusi makin panjang bisa dilakukan pengambilan air tanah dalam jumlah berlebihan, sementara pengisian air ke dalam tanah diabaikan. Bila intrusi sudah masuk pada sumur, maka sumur akan menjadi asin sehingga tidak dapat lagi dipakai untuk keperluan sehari-hari.

Menurut konsep Ghyben – Herzberg, air asin dijumpai pada kedalaman 40 kali tinggi muka airtanah di atas muka air laut. Fenomena ini disebabkan akibat perbedaan berat jenis antara air laut (1,025 g/cm³) dan berat jenis air tawar (1,000 g/cm³).

$$Z = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} \cdot hf$$

sehingga didapat nilai $z = 40 hf$

keterangan:

hf = elevasi muka airtanah di atas muka air laut (m)

z = kedalaman *interface* di bawah muka air laut (m)

ρ_s = berat jenis air laut (g/cm³)

ρ_f = berat jenis air tawar (g/cm³)

Upconning adalah proses kenaikan interface secara local akibat adanya pemompaan pada sumur yang terletak sedikit di atas interface. Pada saat pemompaan dimulai, interface dalam keadaan horisontal. Makin lama interface makin naik hingga mencapai sumur. Bila pemompaan dihentikan sebelum interface mencapai sumur, air laut akan cenderung tetap berada di posisi tersebut dari pada kembali ke keadaan semula. Semakin tinggi nilai rasio, berarti pengaruh intrusi air laut makin besar, sedangkan bila nilai rasio rendah maka pengaruh intrusi air laut kecil.

Di tahun 1960 an, investigasi intrusi air laut di lakukan dengan analisis kimia dengan mengambil sample airtanah dan menyelidiki pola alirannya berdasarkan piezometric level. Saat ini metode geofisika lebih penting dan akurat digunakan untuk investigasi intrusi air laut. Perolehan data lebih cepat dengan teknik drilling.

Terdapat beberapa cara untuk mengendalikan intrusi laut, diantaranya;

1. Mengubah Pola Pemompaan
2. Pengisian Airtanah Buatan
3. Extraction Barrier
4. Injection Barrier
5. Subsurface Barrier

1.2 Model waduk resapan menggunakan kolom pasir

Fungsi waduk resapan.

Salah satu bentuk imbuhan buatan adalah waduk resapan yang memiliki fungsi utama sebagai media resapan air agar dengan mudah dan cepat masuk ke dalam lapisan akuifer. Model waduk ini cocok untuk lahan dengan permukaan air tanah dangkal dan tersedia lahan yang luas. Filosofi dasar dalam pengembangan waduk resapan adalah bagaimana memperkecil limpasan permukaan dan meningkatkan kemampuan tanah dalam meresapkan aliran permukaan. Pembuatan waduk resapan berbeda dengan pembuatan waduk pada biasanya. Waduk resapan dibuat dengan dasar waduk yang dihubungkan langsung dengan lapisan akuifer. Waduk resapan pada hakekatnya dapat diklasifikasikan ke dalam waduk tunggal guna (*single purpose*) yaitu berfungsi sebagai pengendali banjir dengan sistem kerja meningkatkan optimalisasi fungsi akuifer, yaitu menambah kemampuan daya simpan air pada lapisan akuifer.

Adapun kegunaan dari waduk resapan adalah :

- 1) Mengoptimalkan fungsi akuifer sehingga dapat menambah daya simpan air pada akuifer
- 2) Dapat berfungsi sebagai pengendali banjir di daerah hilir atau limpasan.
- 3) Sebagai cadangan air untuk kebutuhan di musim kemarau.

Model Fisik Penggunaan Kolom Pasir

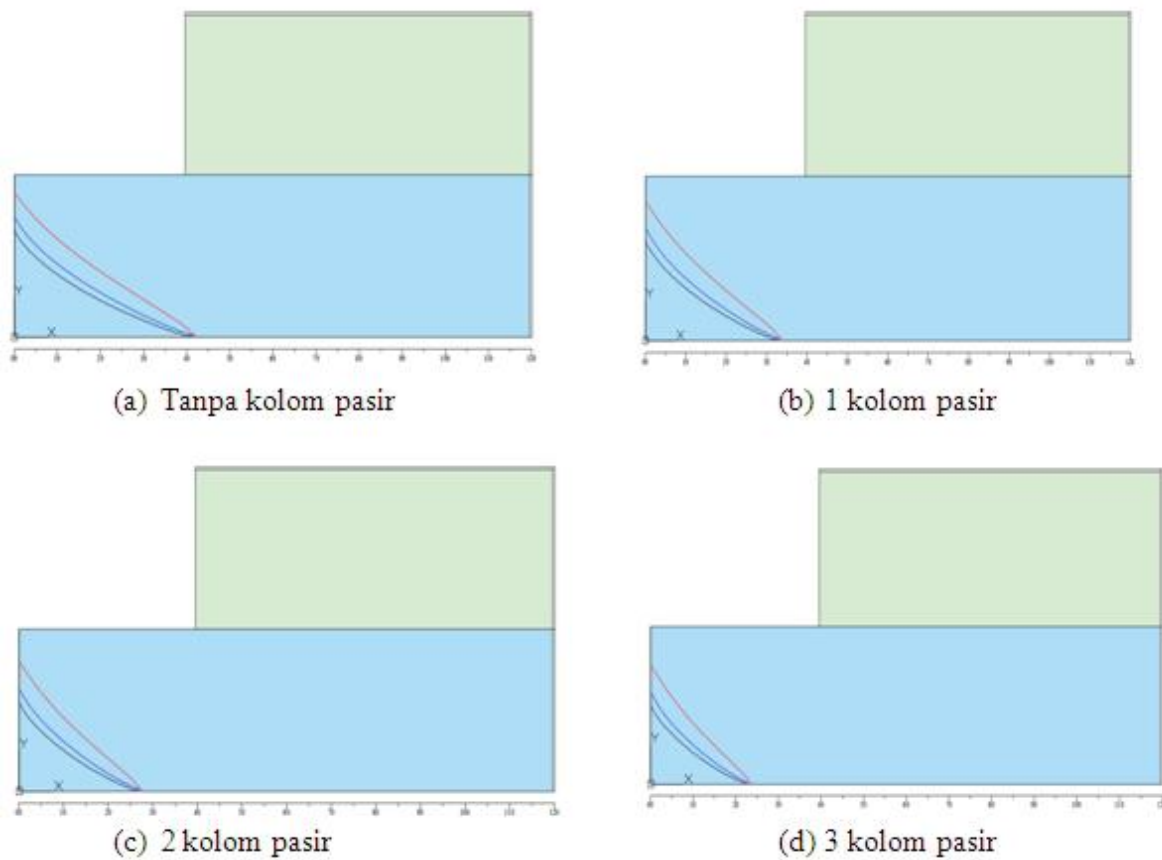
Kolom pasir difungsikan sebagai median untuk meresapkan air waduk resapan ke lapisan akuifer. Metode pembuatan kolom pasir adalah dengan membuat lubang menggunakan bor pada lapisan lempung yang memiliki permeabilitas kecil dan mengisi kembali dengan pasir yang bergradasi kasar. Pasir harus dapat dialiri air tanpa membawa partikel-partikel tanah yang halus.

Air yang berasal dari air permukaan ditampung pada waduk dengan ketinggian tertentu. Kemudian air di alirkan melalui kolom-kolom pasir dengan harapan pasir yang memiliki nilai koefisien permeabilitas besar, dapat mempercepat dan memperbesar terjadinya imbuhan, sekaligus menjadi filtrasi agar air yang masuk ke dalam lapisan akuifer sudah dalam keadaan bersih.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pemodelan numeric SEAWAT untuk meneliti efektivitas kolom pasir pada waduk resapan dalam menyangga intrusi air laut dalam skala laboratorium sebagai cikal bakal pemodelan fisik pada tahun II. Domain model numeriknya seperti ditunjukkan pada gambar 4, yaitu berupa model dua dimensi yang berukuran persegi panjang dengan asumsi laut di sebelah kiri dan waduk resapan di sebelahkanan pada model. Tanah yang telah diketahui jenis serta memenuhi syarat permeabilitas, sebagai lapisan aquitard, selanjutnya dibuat kolom pasir. Pada bagian permukaan bak diberi debit masukan (Q_1) dan debit aliran air laut (Q_2) masing-masing dengan ketinggian air tertentu. Pada saat tanah telah mengalami jenuh air (*saturated*) dan terjadi kesetimbangan antara air laut dan air tawar di dalam sistem aquifer, selanjutnya dilakukan pengukuran panjang air tawar mendorong air laut (L) dalam aquifer masing-masing 3 variasi untuk tinggi muka air pada waduk resapan (H_w) serta jumlah kolom pasir.

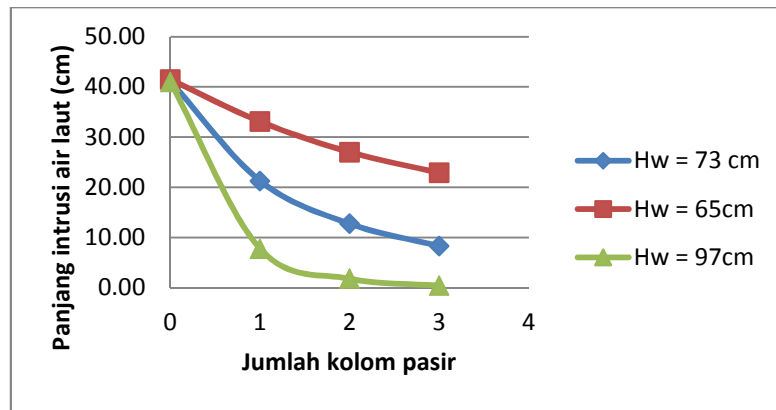
3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 5. Panjang Intrusi Air Laut Pada Berbagai Jumlah kolom Pasir

Gambar 5 merupakan salah satu hasil simulasi dari program SEAWAT dengan variabel jumlah kolom pasir (N_{kp}), tinggi muka air waduk (H_w), serta konsentrasi isochlor. Berdasarkan gambar tersebut, kemudian diukur panjang intrusi air laut.

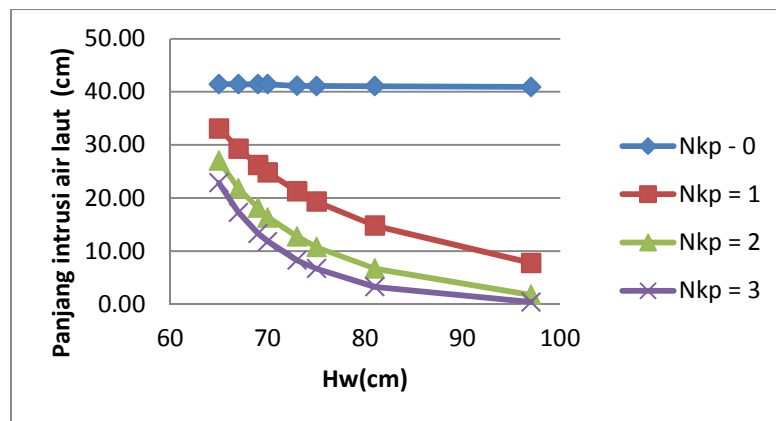
1. Pengaruh jumlah kolom pasir terhadap panjang intrusi air laut



Gambar 6. Pengaruh jumlah kolom pasir terhadap panjang intrusi air laut

Berdasarkan Gambar 6, menunjukkan tanpa kolom pasir intrusi air laut lebih panjang dibanding jika diberi kolom pasir. Pada penggunaan satu kolom pasir terjadi penurunan panjang intrusi air laut sebesar 20,21%, dua kolom pasir sebesar 43,69% serta tiga kolom pasir sebesar 68,82% pada tinggi muka air waduk (Hw) = 68 cm. Sementara pada tinggi muka air waduk (Hw) = 73 cm, menggunakan satu kolom pasir terjadi penurunan panjang intrusi air laut sebesar 48,27%, dua kolom pasir sebesar 133,45% serta tiga kolom pasir sebesar 257,84%, sedangkan pada tinggi muka air waduk (Hw) = 97 cm, menggunakan satu kolom pasir terjadi penurunan panjang intrusi air laut sebesar 81,06%, dua kolom pasir sebesar 505,16% serta tiga kolom pasir sebesar 2281,05%. Penurunan panjang intrusi air laut ini disebabkan setiap penambahan kolom pasir, air yang masuk kelapisan akuifer melalui kolom pasir semakin banyak menyebabkan tekanan air tawar mampu mendorong intrusi air laut ke arah laut.

2. Pengaruh tinggi muka air waduk terhadap panjang intrusi air laut



Gambar 7. Pengaruh muka air waduk terhadap panjang intrusi air laut

Berdasarkan Gambar 7, terlihat setiap penambahan tinggi muka air waduk (Hw) mempengaruhi panjang intrusi air laut khusus yang menggunakan kolom pasir (Nkp =1, Nkp=2, Nkp=3), sedangkan yang tidak menggunakan kolom pasir (Nkp=0) perubahannya tidak terlalu signifikan. Pada satu kolom pasir, penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 67 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 11,49%, untuk penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 69 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 23,56%. Penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 70 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 31,68%, sedangkan pada penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 73 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 47,63%. Penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 75 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 64,78%, pada penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 81 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 94,84% dan pada penambahan dari Hw = 65 cm menjadi Hw = 97 cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 171,44%.

Sedangkan pada dua kolom pasir, penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 67$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 19,34%, untuk penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 69$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 40,61%. Penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 70$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 58,76%, sedangkan pada penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 73$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 87,35%. Penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 75$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 127,61%, pada penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 81$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 188,72% dan pada penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 97$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 375,82%.

Pada tiga kolom pasir, penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 67$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 24,41%, untuk penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 69$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 55,24%. Penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 70$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 83,13%, sedangkan pada penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 73$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 123,62%. Penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 75$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 195,09%, pada penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 81$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 292,29% dan pada penambahan dari $H_w = 65$ cm menjadi $H_w = 97$ cm, menyebabkan terjadi penurunan panjang intrusi laut sebesar 685,76%. Berkurangnya panjang intrusi air laut akibat penambahan tinggi muka air waduk disebabkan semakin tinggi muka air waduk, semakin besarnya tekanan air yg masuk kedalam akuifer melalui kolom pasir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan program numeric SEAWAT, dapat ditarik kesimpulan semakin tinggi air waduk (H_w) dan semakin bertambah jumlah kolom pasir (N_{kp}) panjang intrusi air laut ke arah daratan menjadi lebih pendek akibat adanya dorongan air tawar yang berasal dari waduk resapan melalui kolom pasir. Sedangkan semakin besar konsentrasi isochlor, panjang intrusi air laut ke arah daratan menjadi lebih panjang akibat tekanan air tawar yang berasal dari waduk resapan berkurang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, Chay. 2002. *Kualitas Air*, Jakarta : Penerbit Pradnya Paramita. hlm.529.
- Azis, A. 2015. *Water Turbidity Impact on Discharge Decrease of Groundwater Recharge in Recharge Reservoir*. Procedia Engineering ISSN 1877-7058 Vol. 125 pp : 199-206
- Djudi. 2006. *Kajian Waduk Resapan Tambakboyo, Kecamatan Ngemplak, Kabupaten Sleman, Propinsi DI Yogyakarta*. Tesis tidak diterbitkan. Bandung : Program Magister Teknik Sipil ITB
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Hargono, B. 2011. *Belajar Dari Embung Tambakboyo Di Yogyakarta Untuk Mengatasi Masalah Sumber Daya Air Di Pulau-Pulau Kecil Dan Pantai*. Prosiding PIT XXVII HATHI, Ambon
- Herlambang, A., Indriatmoko, R. H. 2005. *Pengelolaan Air Tanah dan Intrusi Air Laut*. Jurnal Air Indonesia, 2 : 211-225
- Putranto, T., Kusuma. 2009. *Permasalahan Air tanah di Daerah Urban*. Jurnal Teknik, 30 : 48 – 56
- Tresnadi, H. 2007. *Dampak Kerusakan yang Ditimbulkan Akibat Pengambilan Air tanah yang Berlebihan*. Jurnal Alami, 12 : 76 – 81

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih secara khusus kepada Direktur Jenderal Penguatan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini serta Ketua Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mendukung dan memberikan izin menggunakan fasilitas laboratorium komputer untuk melaksanakan penelitian ini.