

PENGELOLAAN AIR BAWAH TANAH DENGAN INTEGRASI FAKTOR LINGKUNGAN: STUDI KASUS KECAMATAN SENAPELAN KOTA PEKANBARU

Ruzi Andriani*, Juandi. M, Muhammad Hamdi, Usman Malik

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Kampus Bina Widya

Jl. Prof. Mughtar Luthfi Pekanbaru, 28293, Indonesia

*e-mail: ruziandriani18@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang sistem informasi dan pengelolaan air bawah tanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru telah dilakukan dengan menggunakan Metode simulasi MATLAB. Data kedalaman air bawah tanah di ambil dari Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa sistem informasi pengelolaan air bawah tanah dengan integrasi faktor lingkungan tahun 2017 dan 2018 di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru dengan menggunakan program komputer aplikasi MATLAB GUI. Data yang didapatkan diolah menggunakan Microsoft Excel. Hasil pengelolaan data dimasukan kedalam program komputer menggunakan GUI MATLAB yang telah dibuat dan berhasil memvisualisasikan dalam bentuk grafik. Program tersebut terdiri dari program menu dan program utama dengan fitur display Grapihical User Interface (GUI). Grafik yang dihasilkan ditampilkan kedalam grafik 3-D. Hasil penelitian kedalaman air bawah tanah pada tahun 2017 dan 2018 dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu Resapan $R = 908.249 \text{ m}^3/\text{tahun}$, pengambilan air oleh penduduk $E_d = 7.107.847,2 \text{ m}^3/\text{tahun}$, pengambilan air oleh industri $E_i = 2.390,209315 \text{ m}^3/\text{tahun}$, pengambilan air oleh fasilitas umum $E_f = 215.719,6626 \text{ m}^3/\text{tahun}$, pengambilan air oleh perdagangan $E_p = 610.705.759,8 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan pengambilan air oleh peternakan $E_t = 41.880,05655 \text{ m}^3/\text{tahun}$. Nilai pengambilan air bawah tanah disebabkan oleh faktor lingkungan dengan kontribusi terkecil dari faktor pengambilan air oleh pertanian/perkebunan (E_t), kontribusi terbesar dari faktor pengambilan air oleh perdagangan (E_p), selebihnya karena faktor alam. Penelitian pengelolaan pengambilan air bawah tanah tahun 2017 dan 2018 menjelaskan adanya pengaruh faktor-faktor lingkungan yang terintegrasi terhadap perubahan kedalaman air bawah tanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru.

Kata Kunci: Akuifer Bebas; Faktor-faktor Lingkunga; software MATLAB

Abstract

[Title: Groundwater Management with Environmental Factor Integration: Case Study of Senpelan District City of Pekanbaru] Research on information systems and underground water management in Senapelan District, Pekanbaru City has been carried out using the MATLAB simulation method. Underground water depth data was taken from Senapelan District, Pekanbaru City. The purpose of this study was to analyze the underground water management information system by integrating environmental factors in 2017 and 2018 in the Senapelan District of Pekanbaru City by using the MATLAB GUI application computer program. The data obtained is processed using Microsoft Excel. The results of data management are entered into a computer program using the MATLAB GUI that was created and successfully visualized in graphical form. The program consists of program menus and main programs with the Grapihical User Interface (GUI) display feature. The resulting graph is displayed on a 3-D chart. The results of the study of the depth of underground water in 2017 and 2018 were influenced by several factors, namely Infiltration $R = 908,249 \text{ m}^3/\text{year}$, water extraction by E_d residents $= 7.107.847,2 \text{ m}^3/\text{year}$, industrial water withdrawal $E_i = 2.390,209315 \text{ m}^3/\text{year}$, water withdrawal by public facilities $E_f = 215.719,6626 \text{ m}^3/\text{year}$, extraction of water by trading $E_p = 610.705.759,8 \text{ m}^3/\text{year}$ and taking water by E_t farming $= 41.880,05655 \text{ m}^3/\text{year}$. The value of extraction of underground water is caused by environmental factors with the smallest contribution from the factor of water extraction by agriculture / plantation (E_t), the largest contribution from the factor of water extraction by trade (E_p), the rest due to natural factors. Research on underground water collection management in 2017 and 2018 explains the influence of integrated environmental factors on changes in underground water depth in Senapelan District, Pekanbaru City.

Keywords: Environmental Factors; Free Aquifer; MATLAB software.

PENDAHULUAN

Statistik penggunaan air di setiap Negara menjadi sangat penting untuk memastikan masih ada ketersediaan air bersih yang cukup untuk konsumen, dengan pertumbuhan populasi terbesar di dunia, bukan mengejutkan jika pemakaian air bawah tanah terbesar di dunia adalah Cina dan India. Amerika Serikat yang memiliki jumlah populasi terbesar ke-3 di dunia juga merupakan konsumen terbesar ke-3. Sementara itu, Indonesia menduduki peringkat ke-6 dengan jumlah sebesar 232.239 juta m³/tahun (Widjaja, 2012).

Proses perkembangan dan pembangunan di Kecamatan Senapelan akan mempengaruhi perubahan fungsi lahan ataupun penutupan lahan, baik secara bertahap atau melalui pengembangan ruang berskala besar. Lahan untuk Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Pekanbaru yang tersedia saat ini seluas 6.653,47 ha (Dinas Tata Ruang Kota Pekanbaru, 2011). RTH ini merupakan penting untuk ketersediaan air tanah.

Berdasarkan aspek ruang bahwa telah berlaku perubahan guna lahan cukup penting di Kota Pekanbaru yaitu perkebunan dari 12,03% tahun 2005 menjadi 12,67% tahun 2009 (Dinas Pertanian Kota Pekanbaru, 2011). Sedangkan Permukiman meningkat 7,9% tahun 2008 menjadi 15,5% tahun 2011 (Real Estat Indonesia, 2012). Peningkatan ruang terbangun initerus bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dan aspek ekonomi. Untuk lebih terciptanya tertib pemerintahan dan pembinaan wilayah yang cukup luas, maka dibentuklah Kecamatan baru dengan Perda Kota Pekanbaru No. 3 tahun 2003 menjadi 12 Kecamatan dan Kelurahan baru dengan Perda Kota Pekanbaru No. 4 tahun 2003 menjadi 58 Kelurahan (BPPD Kota Pekanbaru, 2015). Pemanfaatan air bawah tanah secara menyeluruh menyentuh semua aspek, baik pertanian, perkebunan, peternakan, dan industri. Metode yang dapat dilakukan dalam menentukan pemanfaatan air bawah tanah dengan menganalisa sistem informasi dalam pengelolaan air bawah tanah dengan faktor-faktor lingkungan menggunakan metode numeric (Juandi, M., & Sarkowi, M. (2016).

Kecamatan Senapelan merupakan salah satu Kecamatan di wilayah Kota Pekanbaru, terdiri dari 42 RW dan 146 RT. Luas wilayah Kecamatan Senapelan adalah 6,65 km².

Batas-batas wilayah Kecamatan Senapelan adalah :

- a. Sebelah Timur : Berbatasan dengan Kecamatan Pekanbaru Kota
- b. Sebelah Barat : Berbatasan dengan Kecamatan Payung Sekaki

c. Sebelah Utara : Berbatasan dengan Kecamatan Rumbai

d. Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Kecamatan Sukajadi

Jumlah penduduk Kecamatan Senapelan mencapai 36.563 jiwa pada tahun 2017. Angka ini mengalami peningkatan sebesar 0,05 persen 2016. Kepadatan penduduknya mencapai 5.498 jiwa/km², dengan kelurahan terpadat adalah kelurahan kampung Baru yaitu 7.782 jiwa/km² (BPS Kota Pekanbaru, 2017).

Integrasi merupakan sistem yang mengalami pembauran hingga menjadi suatu kesatuan yang utuh. Integrasi berasal dari bahasa inggris "integration" yang berarti kesempurnaan atau keseluruhan. Adapun faktor-faktor lingkungan yang terintegrasi adalah sebagai berikut:

a. Faktor Penduduk

Jumlah penduduk Kecamatan Senapelan mencapai 36.563 jiwa pada tahun 2014. Angka ini mengalami peningkatan sebesar 0,05 persen 2016. Kepadatan penduduknya mencapai 5.498 jiwa/km², dengan kelurahan terpadat adalah kelurahan kampung Baru yaitu 7.782 jiwa/km² (BPS Kota Pekanbaru, 2017).

b. Faktor Industri

industri di Kecamatan Senapelan terdiri dari industri sedang merupakan industri dengan jumlah (unit) 2 unit yang mempunyai tenaga kerja 20 s.d 99 orang, sedangkan industri besar jumlah (unit) 2 unit yang mempunyai tenaga kerja 100 orang atau lebih. Sementara industri kecil jumlah (unit) 4 unit perusahaan dengan tenaga kerja 5 s.d 19 orang (BPS Kota Pekanbaru, 2017).

c. Faktor Perdagangan

Sarana Perdagangan atau perekonomian yang didapatkan dalam ini terdiri dari Pasar, Bank, Toko dan Warung/kios. Faktor Perdagangan pada Pasar terdiri dari 2 pasar, pada Bank di Kecamatan Senapelan terdiri dari 19 Bank, sedangkan untuk Toko dan warung/kios di Kecamatan Senapelan terdiri dari 688 toko dan 223 Warung/kios (BPS Kota Pekanbaru, 2017).

Air bawah tanah adalah air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau bebatuan dibawah permukaan tanah. Air merupakan sumber air yang sangat penting bagi kebutuhan manusia, sehingga ada ilmu pengetahuan khusus yang membahas tentang air yaitu hidrologi. Hidrologi adalah ilmu tentang air baik di atmosfer, dipermukaan bumi, tentang terjadinya perputarannya serta pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada dialami ini terbentuknya air tanah sangat bergantung terhadap peranan formasi geologi atau akuifer suatu daerah (Asdak, 2007).

Penggunaan air tanah perlu memiliki izin yang sesuai dengan hukum, melihat dari situasi proses pengambilan dengan cara pengeboran air tanah atau penggunaan yang berlebihan membuat mutu serta kondisi air tanah menurun sehingga berkurangnya ketersediaan air bawah tanah.

Laju pertumbuhan penduduk di daerah Kota Pekanbaru menunjukkan pada kisaran 3% pertahun, sedangkan untuk mengetahui pertumbuhan penduduk tahun selanjutnya digunakan rumus :

$$P_t = P_a + (t-a) \times l \times P_a \quad (2.1)$$

Perkiraan pemanfaatan maupun kebutuhan air tanah di Kota Pekanbaru Kecamatan Senapelan, digunakan rumus sebagai berikut (Wahyudi, 2009):

$$E_d = P_n \times K_p \quad (2.2)$$

Kebutuhan air untuk industri, fasilitas umum dan perdagangan bisa dihitung berdasarkan standar kebutuhan air rata-rata menurut SNI (Standar Nasional Indonesia, 2002) yaitu sebagai berikut:

$$E_b, E_p, E_f = S_{ki} \times J_i \quad (2.3)$$

Kebutuhan air untuk pertanian menurut SNI (Standar Nasional Indonesia, 2002) sebagai berikut:

$$Q = q \times A \quad (2.4)$$

Perubahan kedalaman air bawah tanah dengan faktor-faktor lingkungan industri, penduduk, perdagangan, fasilitas umum, dan kebutuhan perkebunan sebagai berikut (Juandi, M. 2017).

$$\frac{S}{T} = \frac{h}{t} = \frac{2h}{x^2} + \frac{2h}{y^2} + \frac{R + E_d + E_i + E_p + E_f + E_k + E_l}{T}$$

Ruang terbuka hijau (*green openspaces*) didefinisikan sebagai kawasan atau areal permukaan tanah yang didominasi oleh tumbuhan yang dibina untuk fungsi perlindungan habitat tertentu dan sarana lingkungan atau pengamanan jaringan prasarana dan budidaya pertanian selain untuk meningkatkan kualitas atmosfer, menunjang kelestarian air tanah. Ruang terbuka hijau (*green openspaces*) di tengah-tengah ekosistem perkotaan juga berfungsi untuk meningkatkan kualitas *landscape kota* (Salim, 1979).

Ruang terbuka hijau yang ideal adalah 30 % dari luas wilayah. Hampir disemua Kota besar di Indonesia, ruang terbuka hijau saat ini baru mencapai 10% dari luas Kota. Ruang terbuka hijau diperlukan untuk kesehatan, arena bermain, olah raga, komunikasi publik dan resapan air bawah tanah. Pembinaan ruang terbuka hijau harus mengikuti struktur nasional atau daerah dengan standar yang ada (Salim, 1979).

Sistem merupakan suatu jaringan kerja dari prosedur-prosedur yang berhubungan, terkumpul bersama-sama untuk melakukan atau tujuan tertentu. Informasi merupakan sekumpulan fakta

(data) yang diorganisasikan dengan cara tertentu sehingga mereka mempunyai arti bagi penerima. Sistem informasi merupakan system yang dapat didefinisikan dengan mengumpulkan, memproses, menyimpan, menganalisa dan menyebarkan informasi untuk tujuan tertentu. Seperti system lainnya sebuah system informasi terdiri atas input (data) dan output (kalkulasi) (Sutarman, 2012).

Untuk mempermudah menentukan pengambilan air tanah secara berlebihan pada kedalaman tertentu, maka dengan adanya sistem informasi pengelolaan air bawah tanah dengan faktor lingkungan lebih mudah mengatasi kekurangan air di Kecamatan Senapelan telah dibuat program untuk menghitung kedalaman air bawah tanah dengan Program GUI MATLAB.

MATLAB (*Matrix Laboratory*) merupakan sebuah program untuk analisis, komputasi numerik, dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Awalnya program ini merupakan hubungan untuk koleksi rutin numeric dari proyek *linpack* dan *Eispack*, yang dikembangkan menggunakan bahasa Fortran, namun sekarang merupakan produk komersial dari perusahaan *Mathworks, Inc* yang dalam perkembangan selanjutnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan *assembler*, terutama untuk fungsi-fungsi dasar Matlab. (2.6)

Matlab juga berisi *toolbox* yang merupakan fungsi-fungsi tambahan untuk aplikasi khusus. Pengguna (*user*) Matlab dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan pada *library* ketika fungsi-fungsi *built-in* yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu (Away, 2010).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Simulasi Matlab yang berfungsi untuk dapat menggambarkan analisis sistem informasi untuk pengelolaan air bawah tanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru.

Titik-titik Pengambilan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berhubungan dengan aspek *biofisik*, sosial ekonomi masyarakat, kependudukan.

Data Aspek Biofisik

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data yang berhubungan dengan aspek *biofisik* antara lain resapan oleh RTH (Ruang Terbuka Hijau), Kedalaman akuifer bebas tahun

2017 sebagai data awal, dan karakteristik akuifer bebas (dari data sekunder) berupa *konduktivitas Hydrolic, storativitas dan transmisitas*.

Data Sosial Ekonomi

Data sosial ekonomi merupakan data yang pengambilan air bawah tanah meliputi: Jumlah penduduk yang pengambilan air bawah tanah dari tahun 2017, Fasilitas umum meliputi data Puskesmas, Pendidikan, dan Peribadatan, Perkebunan/pertanian, peternakan, Industri meliputi data jumlah industri kelas kecil, sedang dan besar dan perdagangan yaitu data pasar, Bank, Toko dan Warung/kios. Jumlah pemakaian air bawah tanah dapat dihitung dengan menjumlahkan data sosial ekonomi tersebut dengan memperoleh data tahun 2017.

Prosedur Penelitian

Metode yang diusulkan pada penelitian ini ialah menggunakan proses simulasi pada program Matlab. Pengukuran dilakukan di daerah Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru Provinsi Riau Indonesia, hal pertama yang dilakukan ialah menentukan peta resapan air bawah tanah di Kota Pekanbaru, kemudian menghitung secara keseluruhan penggunaan air bawah tanah secara terintegrasi dilihat dari jumlah penduduk dari tahun 2017, data jumlah Industri kelas kecil, sedang, dan besar, Fasilitas Umum meliputi data Puskesmas, Pendidikan, dan Peribadatan, data Perkebunan atau pertanian serta Peternakan dan Perdagangan yaitu data Pasar, Bank, Toko dan Warung/kios. Jumlah pemakaian air bawah tanah dapat dihitung dengan menjumlahkan data sosial ekonomi tersebut dengan memperoleh data dari tahun 2017. Parameter akuifer S,T ditentukan dari informasi geologi di daerah Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru Provinsi Riau Indonesia. Data yang diperoleh selanjutnya dimasukkan kedalam persamaan (2.7) untuk selanjutnya dilakukan proses pengolahan dengan menggunakan simulasi MATLAB.

Program Komputer

Program komputer dalam penelitian ini terdiri dari program menu dan program utama. Program ini dibuat menggunakan *software* Matlab versi R2014a. Tujuan dari program ini adalah untuk mengubah suatu masalah yang dapat dimengerti oleh komputer dan dapat dipecahkan oleh komputer. Langkah pertama yang dilakukan dalam program ini adalah menginput data dan melakukan pemrograman yang dibutuhkan untuk menghitung nilai kedalaman maksimum didalam program menu, kemudian data yang diinputkan disimpan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengambilan Air di Kecamatan Senapelan

Data pengelolaan pengambilan air untuk tahun 2017 sampai 2018 di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru diolah menggunakan *Microsoft Excel*, dimana data yang digunakan untuk mencari pengambilan air bawah tanah oleh penduduk (*Ed*) ditunjukkan pada lampiran, sedangkan untuk pengambilan air bawah tanah oleh industri (*Ei*), fasilitas umum (*Ef*), pelayanan jasa (*Ep*), peternakan (*Et*) dan perkebunan/pertanian (*Ek*).

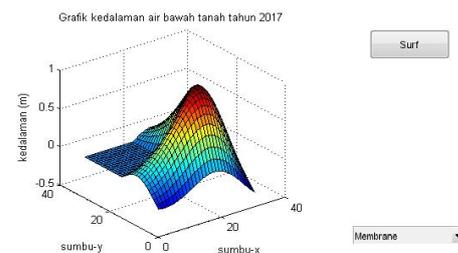
Data Faktor-faktor Lingkungan di Kecamatan Senapelan Tahun 2017

Tabel 1 merupakan data analisa faktor-faktor lingkungan di Kecamatan Senapelan tahun 2017 dengan beberapa faktor yaitu pengambilan air oleh penduduk (*Ed*), pengambilan air oleh industri (*Ei*), pengambilan air oleh Fasilitas umum (*Ef*), pengambilan air oleh Perdagangan (*Ep*), pengambilan air oleh pertanian/perkebunan (*Ek*) dan pengambilan air oleh peternakan (*Et*).

Tabel 1 Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kebutuhan air bawahanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru tahun 2017.

Faktor-faktor lingkungan	Jumlah kebutuhan air m ³ /tahun
1. Penduduk (<i>Ed</i>)	1.776.961,8
2. Industri (<i>Ei</i>)	2.395,5
3. Perdagangan (<i>Ep</i>)	611.640.7220
4. Fasilitas Umum(<i>Ef</i>)	195.472
5. Peternakan (<i>Et</i>)	41.972
6. Pertanian (<i>Ek</i>)	0

Gambar 1 merupakan grafik kedalaman kebutuhan air bawah tanah pada tahun 2017, dimana kedalaman hanya terlihat perubahan yang sangat kecil pada grafik tiga dimensi.



Gambar 1. Gambar 3-D Pada ketersediaan air bawah tanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru tahun 2017.

Tahun 2018 faktor lingkungan pada kedalaman air bawah tanah meningkat dari pada tahun 2017 yang dapat dilihat dari tabel diatas, dimana tahun 2018 jumlah kebutuhan air disetiap faktor-faktor pada lingkungan di Kecamatan Senapelan meningkat dari tahun berikutnya. Dapat dilihat dari data tabel dibawah ini sebagai berikut:

Tabel 2. Faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kebutuhan air bawatanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru tahun 2018.

Faktor-faktor lingkungan	Jumlah kebutuhan air m ³ /tahun
1.Penduduk (<i>Ed</i>)	7.107.847,2
2.Industri (<i>Ei</i>)	2.390,209315
3.Perdagangan (<i>Ep</i>)	610.705.759,8
4.Fasilitas umum (<i>Ef</i>)	215.719,6626
5. Peternakan (<i>Et</i>)	41.880,05655
6. Pertanian (<i>Ek</i>)	0

Gambar 2 merupakan kedalaman air bawah tanah tahun 2018 yaitu sekitar 22,3611 meter tidak terlalu banyak meningkatnya kedalaman air pada tahun 2018 dari tahun 2017 tersebut. Ketersediaan air sangatlah dibutuhkan pada jumlah penduduk di Kecamatan Senapelan sebagai sumber kebutuhan untuk konsumsi.



Gambar 2. Gambar 3-D Pada kedalaman air bawah tanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru tahun 2018.

Gambar 3 merupakan grafik selisih kebutuhan air bawah tanah pada tahun 2017-2018 dimana dari grafik dibawah dapat dilihat selisih pada kebutuhan air bawah tanah pada tahun 2017 kebutuhan air pada faktor perdagangan lebih banyak digunakan dari pada faktor yang lainnya yaitu sekitar 611.640.720 m³/tahun, sedangkan pada tahun 2018 kebutuhan air pada faktor perdagangan lebih meningkat dari tahun 2017 yaitu sekitar 610.705.759,8 m³/tahun.

Meningkatannya kebutuhan air di Kecamatan Senapelan disebabkan dengan bertambahnya jumlah perdagangan dan penduduk yang semakin pesat di Kecamatan Senapelan

sehingga pemakaian air bawah tanah semakin meningkat di Kecamatan tersebut.



Gambar 3. Gambar grafik kebutuhan air bawah tanah dari selisih tahun 2017-2018 di Kecamatan Senapelan.

KESIMPULAN

Program komputer menentukan sistem informasi air bawah tanah dengan faktor-faktor lingkungan seperti Resapan (*R*), Pengambilan air oleh penduduk (*Ed*), Pengambilan air oleh industri (*Ei*), Pengambilan air oleh fasilitas umum (*Ef*), Pengambilan air oleh pelayanan jasa (*Ep*) dan pengambilan air oleh pertanian/perkebunan (*Ek*) di Kecamatan Senapelan.

Hasil kedalaman air bawah tanah di Kecamatan Senapelan Kota Pekanbaru pada tahun 2017-2018 dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pada tahun 2017 resapan (*R*) 908.249 m³/tahun, pengambilan air oleh penduduk (*Ed*) 1.776.961,8 m³/tahun, pengambilan air oleh industri (*Ei*) 2.392,5 m³/tahun, pengambilan air oleh fasilitas umum (*Ef*) 195.472 m³/tahun, pengambilan air oleh perdagangan (*Ep*) 611.640.720 m³/tahun dan pengambilan air oleh perternakan (*Et*) 41.972 m³/tahun dan pada tahun 2018 resapan (*R*) 908.249 m³/tahun, pengambilan air oleh penduduk (*Ed*) 7.107.847,2 m³/tahun, pengambilan air oleh industri (*Ei*) 2.390,209315 m³/tahun, pengambilan air oleh fasilitas umum (*Ef*) 215.719,6626 m³/tahun, pengambilan air oleh pelayanan jasa (*Ep*) 610.705.759,8 m³/tahun dan pengambilan air oleh perternakan (*Et*) yaitu kebutuhan airnya sekitar 41.880,05655 m³/tahun.

Hasil simulasi pada pengambilan air di Kecamatan Senapelan bertambah disebabkan oleh meningkatnya jumlah perdagangan dan jumlah penduduk pada tahun 2017-2018 sehingga

pemakaian air semakin banyak dengan faktor pertumbuhan yang mempengaruhi konsumsi air bawah tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Away, G. A. 2010. *The Shortcut of MATLAB Programming*. Bandung: Informatika
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Binnie and Partners. 1984. *Applied hydrogeologi*. Third edition, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey.
- BPS. 2017. *Kecamatan Senapelan dalam Angka 2017*. Pekanbaru: Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru.
- BPS. 2015. *Informasi Kota Pekanbaru 2015*. Pekanbaru: Badan Pusat Statistik Kota Pekanbaru.
- BPPD. 2015. *Informasi Kota Pekanbaru 2015*. Pekanbaru: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Pekanbaru. Pekanbaru.
- Chapuis, R. P., Chenaf, D., Acevedo, N., Marcotte, D., and Chouteau, M., 2005. *Unusual drawdown curves for a pumping test in an unconfined aquifer*.
- Chay, A. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Penerbit Gadjah Mada Yogyakarta: University Press.
- Dinas Tata Ruang Kota Pekanbaru. 2011. *Ruang Terbuka Hijau Kota Pekanbaru*.
- Dinas Pertanian Kota Pekanbaru. 2011. *Data Lahan Perkebunan Kota Pekanbaru*.
- Juandi, M., & Sarkowi, M. (2016). 2D Groundwater Depth for Analysis of The Zone Unconfined Aquifer. *INSIST*, 1(1), 16-19.
- Juandi, M. (2017). Sustainability Model for Unconfined Aquifers. *International Journal of Science and Applied Technology*, 1(1), 8-14.