

Optimasi Penempatan Sumur Geothermal Menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN)

Henny Dwi Bhakti^{1,a)}, Acep Purqon^{2,b)}

¹Program Studi Sains Komputasi, FMIPA ITB
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

²Laboratorium Fisika Bumi
Fisika Bumi dan Sistem Kompleks, FMIPA ITB
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} hennydwibhakti@gmail.com

^{b)} acep@fi.itb.ac.id (corresponding author)

Abstrak

Posisi Indonesia terletak di jalur gunung api, sehingga Indonesia memiliki potensi geothermal yang besar. Potensi geothermal di Indonesia diperkirakan sebesar 8.000-10.000 MW dan 40% cadangan geothermal di dunia berada di Indonesia. Tetapi pemanfaatan energi geothermal di Indonesia masih sangat rendah, yaitu sebesar 4% dari total potensi yang dimiliki. Untuk mengetahui potensi sumur geothermal dilakukan prediksi temperatur dan tekanan dengan parameter lokasi, laju aliran injeksi dan temperatur injeksi dengan menggunakan metode Artificial Neural Network (ANN). Yang pertama dilakukan adalah pembangkitan data model produksi sumur sebanyak 6 buah sumur selama satu tahun dan dilakukan pemisahan data yaitu data selama 11 bulan digunakan sebagai data pelatihan ANN dan data selama 1 bulan terakhir digunakan sebagai data pengujian. Dari hasil prediksi dengan ANN akan dibandingkan dengan data pengujian. Perhitungan nilai eror antara hasil prediksi dengan data pengujian adalah berkisar 0.16% pada temperatur (T) dan 0.20% pada tekanan (P) dengan sumur-1 merupakan lokasi yang paling optimum.

Kata-kata kunci: sumur geothermal, artificial neural network

PENDAHULUAN

Berdasarkan data dari Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM) potensi geothermal Indonesia adalah 40% dari seluruh potensi geothermal di dunia. Sumber-sumber geothermal tersebut tersebar di 251 lokasi Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku, hingga ujung barat Papua. Kementerian ESDM (2013) memperkirakan kapasitas seluruh cadangan dan sumber daya geothermal di Indonesia mencapai 28.994 Mwe. Jika menggunakan BBM, energi tersebut setara lebih dari 200 milyar barrel minyak. Sayangnya dari potensi besar energi geothermal Indonesia tersebut, kurang dari 4% yang telah dimanfaatkan. Pembuatan lapangan produksi geothermal baru akan membutuhkan biaya yang sangat besar, sehingga dilakukan pengoptimalan sumur yang sudah ada.

Salah satu metode yang digunakan dalam manajemen reservoir geothermal adalah untuk menginjeksikan balik cairan ke dalam reservoir. Saat ini injeksi balik menjadi sebuah metode untuk meningkatkan kuantitas energi yang dapat dipulihkan dari reservoir geothermal, meskipun pada awalnya menjadi metode pembuangan[1][2]. Beberapa parameter dibutuhkan untuk keberhasilan proses injeksi balik [3]. Faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan injeksi balik adalah pemilihan lokasi injeksi balik, dan telah lama menjadi hal yang kontroversial dalam pembelajaran geothermal [4].

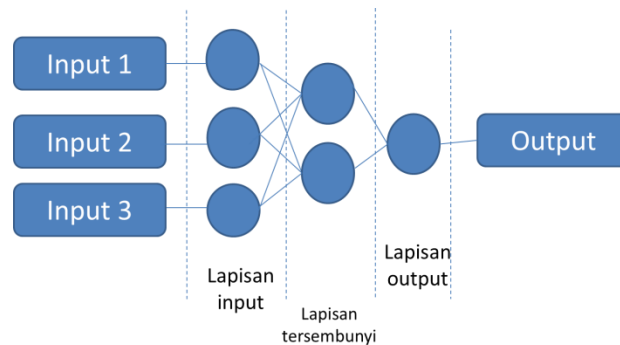
Injeksi balik biasanya digunakan untuk menjelaskan proses dimana air pembuangan diinjeksikan ke dalam reservoir untuk pertama kalinya. Injeksi balik juga merupakan hal yang penting untuk optimasi lapangan geotermal [5]. Proses injeksi balik berdasarkan energi termal dan tekanan sumur [3]. Pada makalah ini, kami melakukan peramalan potensi sumur geotermal menggunakan ANN. Dari pembangkitan data model, dilakukan peramalan temperatur (T) dan tekanan (P) pada sumur geotermal dengan menggunakan ANN, dimana temperatur (T) dan tekanan (P) merepresentasikan kondisi dari sumur geotermal.

PENENTUAN TEMPERATUR DAN TEKANAN SUMUR GEOTERMAL DENGAN ANN

Artificial Neural Network (ANN)

ANN adalah model matematika yang mencoba untuk mensimulasikan struktur dan manfaat dari *neural network* biologis. Dasar dari tiap ANN adalah *artificial neuron*. Model memiliki 3 aturan sederhana: perkalian, penjumlahan dan aktivasi. Pada masukan *artificial neuron*, input memiliki bobot yang berarti setiap nilai input dikalikan dengan bobot individual. Pada bagian pertengahan *artificial neuron* adalah fungsi jumlah yang menjumlahkan seluruh bobot input dan bias. Pada keluaran *artificial neuron* penjumlahan bobot input dan bias sebelumnya melewati fungsi aktivasi yang disebut fungsi transfer [6].

Meskipun prinsip kerja dan aturan sederhana ANN tampak seperti tidak ada hal spesial, potensi dan kekuatan kalkulasi dari model menjadi kuat jika ANN dihubungkan antara satu dengan yang lain (gambar 1). ANN ini menggunakan fakta sederhana bahwa kompleksitas dapat dikembangkan dari beberapa aturan dasar dan sederhana [6].

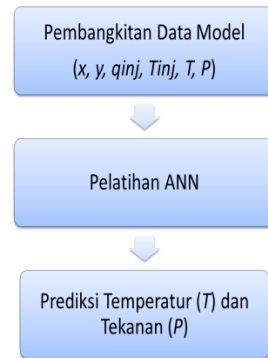


Gambar 1. Contoh ANN sederhana

Dalam bidang teknik terdapat peningkatan aplikasi modeling ANN beberapa tahun terakhir. ANN digunakan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan dasar, maupun permasalahan khusus. Komputasi konvensional telah dapat menyelesaikan permasalahan jika data untuk desain, interpretasi, dan perhitungan cukup memadai. Saat ini ANN menjadi alternatif penyelesaiain permasalahan bidang perminyakan dan geotermal seiring dengan kemajuan dari pengenalan pola, klasifikasi data, deteksi non-linier, dan proses modeling teknologi [7]. Analisis pola, pemrosesan sinyal, aplikasi kontrol, korelasi prediksi dan optimasi merupakan beberapa aplikasi ANN dalam bidang perminyakan dan geotermal [8].

Metode Penelitian

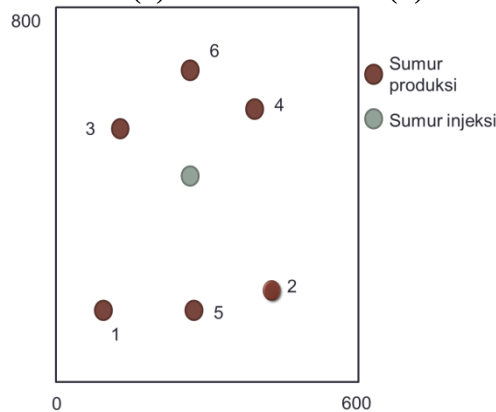
Penelitian yang kami lakukan secara garis besar seperti pada gambar 2. Yang pertama dilakukan adalah pengumpulan data. Data yang digunakan adalah harian selama 1 tahun masa produksi. Data yang dibutuhkan adalah posisi sumur (x dan y), laju alir (q_{inj}), temperatur injeksi (T_{inj}), temperatur sumur (T) dan Tekanan sumur (P). Kemudian adalah proses training ANN sehingga didapatkan nilai temperatur (T) dan tekanan (P) pada masing-masing sumur.



Gambar 2. Metode penelitian

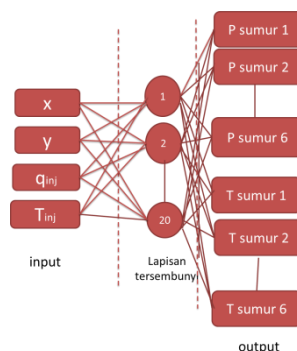
Pembangkitan Data Model

Dalam pembangkitan data model terdapat 6 sumur produksi dan satu sumur injeksi di lapangan geotermal. Lokasi sumur geotermal, sumur-1 sampai sumur-6, ditunjukkan pada Gambar 3. Data yang dibangkitkan dari masing-masing sumur adalah data selama satu tahun produksi, yaitu posisi sumur (x dan y), laju alir (q_{inj}), temperatur injeksi (T_{inj}), temperatur sumur (T) dan Tekanan sumur (P).



Gambar 3. Denah lapangan geotermal

Parameter yang digunakan sebagai masukan dalam ANN adalah posisi sumur (x dan y), laju alir (q_{inj}) dan temperatur injeksi (T_{inj}), sedangkan keluarannya adalah temperatur sumur (T) dan Tekanan sumur (P). Struktur ANN pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4. Parameter masukan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1. Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu data selama 11 bulan digunakan sebagai data pelatihan ANN dan data selama 1 bulan digunakan sebagai data uji. Data uji nanti akan digunakan sebagai pengujian apakah ANN menghasilkan keluaran sesuai yang diharapkan. Keluaran yang diharapkan adalah ANN mampu memprediksi nilai temperatur sumur (T) dan Tekanan sumur (P). Hasil prediksi ANN akan dibandingkan dengan hasil sesungguhnya yang ada di lapangan.



Gambar 4. Parameter penelitian

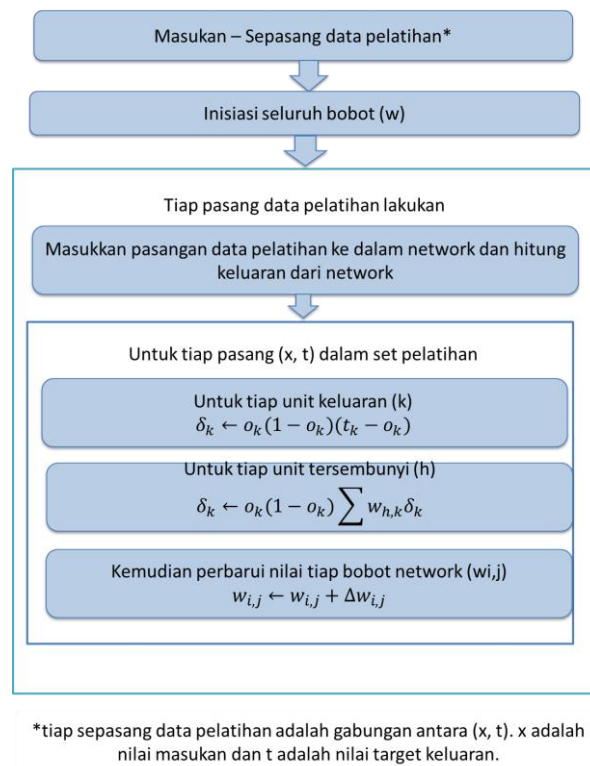
Tabel 1. Parameter masukan penelitian

Parameter Input	Banyaknya Data
Posisi (x, y)	Terdapat 6 sumur produksi dan 1 sumur injeksi
Laju alir (q)	365 data untuk masing-masing sumur (data harian selama 1 tahun)
Temperatur (<i>Tinj</i>)	365 data untuk masing-masing sumur (data harian selama 1 tahun)

Pelatihan ANN

Dalam penelitian ini digunakan pelatihan berupa algoritma propagasi balik. Propagasi balik berbasis ANN merupakan algoritma pembelajaran terawasi dan biasanya digunakan oleh perceptron dengan banyak lapisan untuk mengubah bobot-bobot yang terhubung dengan neuron–neuron yang ada pada lapisan tersembunyinya. Algoritma propagasi balik merupakan algoritma yang paling banyak digunakan dalam pelatihan neural networks. Algoritma propagasi balik memungkinkan untuk memperbarui skema bobot dengan nilai yang sangat kecil dalam jaringan yang kompleks.

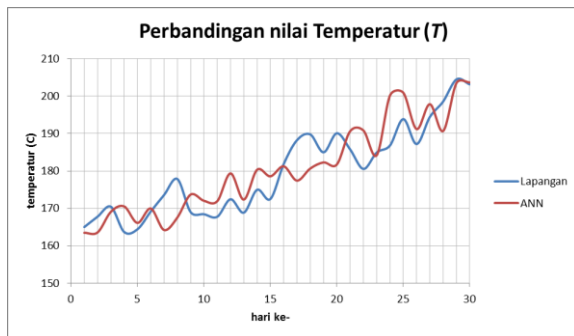
Dalam pelatihan propagasi balik terdapat 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari lapisan masukan hingga lapisan keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di lapisan keluaran. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi. Algoritma propagasi balik dapat dilihat dalam gambar 5 di bawah ini:



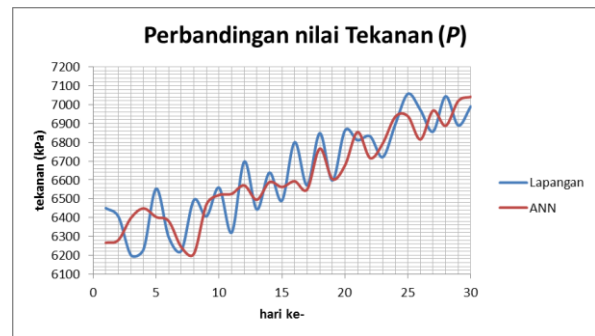
Gambar 5. Algoritma propagasi balik

Hasil dan Pembahasan

Hasil prediksi temperatur (*T*) dan tekanan (*P*) oleh *neural network* dibandingkan dengan nilai temperatur (*T*) dan tekanan (*P*) yang ada di lapangan. Perbandingan temperatur (*T*) dan tekanan (*P*) untuk masing-masing sumur dapat dilihat pada gambar 5 samai gambar10.

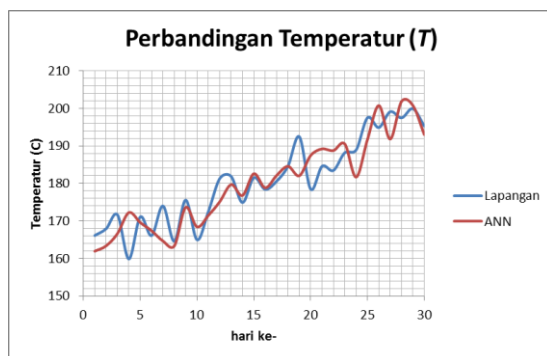


(a)

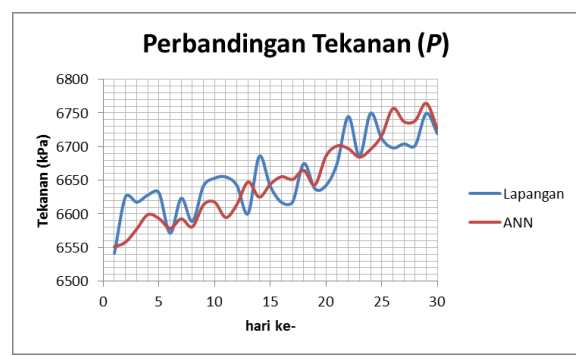


(b)

Gambar 6. Perbandingan antara temperatur (T) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-1 (a). Gambar (b) menunjukkan perbandingan tekanan (P) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-1.

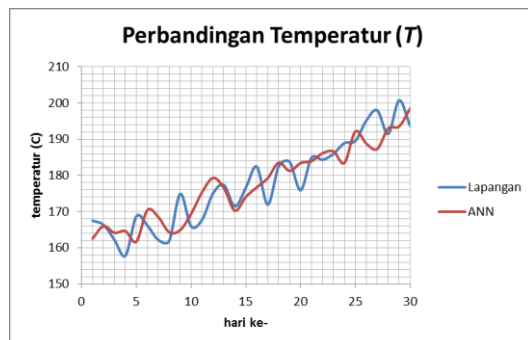


(a)

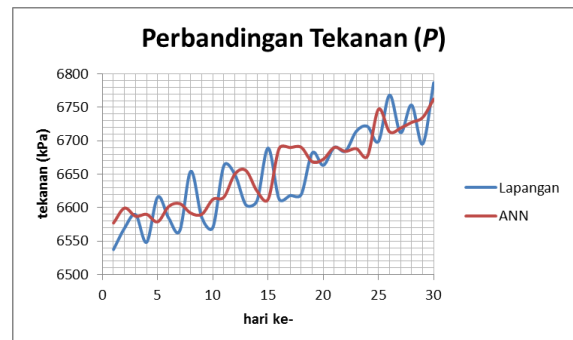


(b)

Gambar 7. Perbandingan antara temperatur (T) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-2 (a). Gambar (b) menunjukkan perbandingan tekanan (P) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-2.

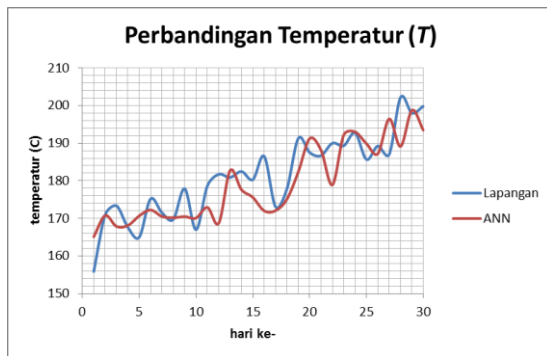


(a)

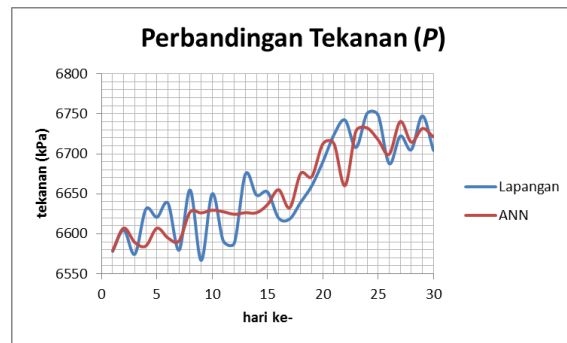


(b)

Gambar 8. Perbandingan antara temperatur (T) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-3 (a). Gambar (b) menunjukkan perbandingan tekanan (P) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-3.

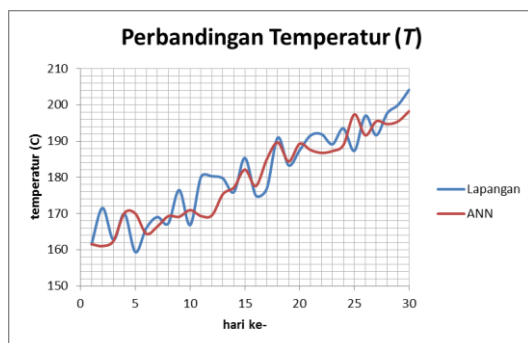


(a)

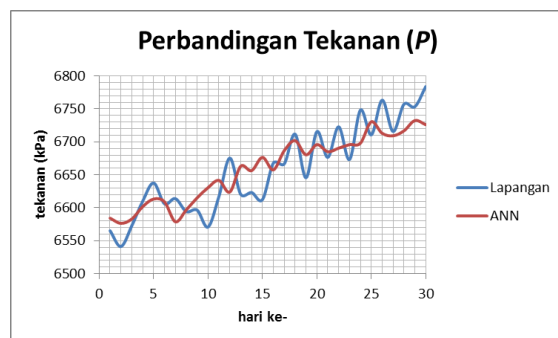


(b)

Gambar 9. Perbandingan antara temperatur (T) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-4 (a). Gambar (b) menunjukkan perbandingan tekanan (P) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-4.

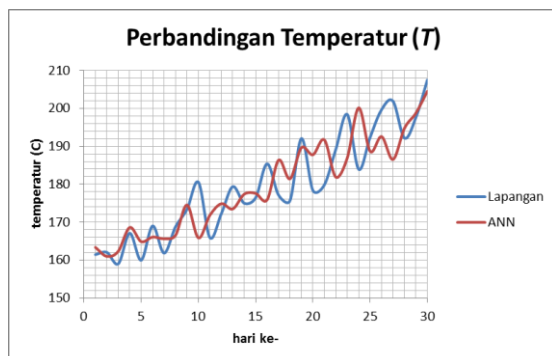


(a)

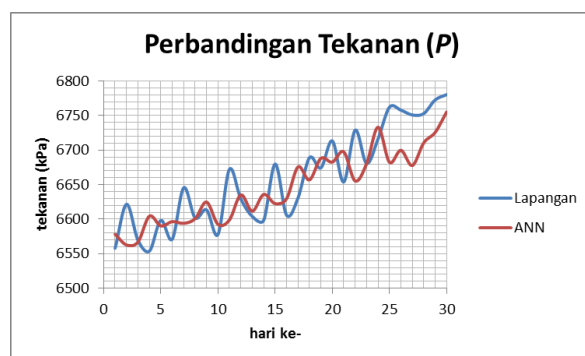


(b)

Gambar 10. Perbandingan antara temperatur (T) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-5 (a). Gambar (b) menunjukkan perbandingan tekanan (P) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-5.



(a)



(b)

Gambar 11. Perbandingan antara temperatur (T) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-6 (a). Gambar (b) menunjukkan perbandingan tekanan (P) hasil prediksi ANN dan lapangan pada sumur-6.

Dari gambar 6 sampai gambar 11 terlihat bahwa perbandingan hasil prediksi ANN berada di dalam data lapangan meskipun hasilnya tidak persis sama. Peningkatan akurasi prediksi ANN dapat dilakukan dengan menambah parameter lain yang mempengaruhi keluaran, misalnya jarak antara sumur produksi dengan sumur injeksi dan kedalaman sumur produksi.

Hasil perhitungan error relatif dan MSE dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai error berkisar berkisar 0.16% pada temperatur (T) dan 0.20% pada tekanan (P). Sumur-1 memiliki nilai error yang paling kecil, sehingga sumur-1 dipilih sebagai sumur yang merepresntasikan lapangan geotermal. Dari hasil prediksi menggunakan ANN, sumur-1 merupakan lokasi yang paling optimal.

Tabel 2. Perhitungan eror dan MSE untuk masing-masing sumur

sumur ke-	eror (%)		MSE
	<i>T</i>	<i>P</i>	
1	0.14	0.19	0.0033
2	0.17	0.20	0.0037
3	0.14	0.23	0.0037
4	0.16	0.17	0.0035
5	0.15	0.19	0.0037
6	0.19	0.23	0.0034

KESIMPULAN

ANN memberikan alternatif prediksi temperatur (T) dan tekanan (P) pada sumur geotermal dengan parameter posisi sumur (x dan y), laju alir (q_{inj}) dan temperatur injeksi (T_{inj}). Perbandingan antara hasil prediksi dengan data lapangan memberikan nilai eror berkisar 0.16% pada temperatur (T) dan 0.20% pada tekanan (P). Dari hasil prediksi dengan menggunakan ANN, sumur-1 merupakan lokasi yang paling optimal.

REFERENSI

1. K.P. Goyal, *Injection Related Cooling In The Unit 13 Area Of The South-east Geysers*. Geothermics **28**. (1999)
2. G. Axelsson, Z. Dong, *The Tanggu Geothermal Reservoir*. Geothermics **27**. (1998)
3. V. Stefansson, *Geothermal Re-injection Experience*. Geothermics **26**: 99-139. (1997)
4. S.S. Einarsson, A. Vides, G. Cuellar, *Disposal Of Geothermal Waste Water by Re-injection*, San Fransisco, California, USA. (1975)
5. P. E. Gill, W. Murray, M.H. Wright, *Practical Optimization*. London, UK. (1981)
6. G. Daniel. *Principle Of Neural Network*. (2007)
7. A. Serhat, V.K. Mustafa, U. Irtek, *Optimization Of Well Placement Geothermal Reservoirs Using Artificial Intelligence*. Computer & Geoscience **36**: 776-785. (2010)
8. J.K. Ali. *Neural Networks: A New Tool for the Petroleum Industry*. Paper SPE 27561. (1994)