

# **PENENTUAN LITOLOGI DAN POROSITAS DATA SUMUR MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN UNTUK ESTIMASI SATURASI AIR DAN PERMEABILITAS**

## **Laporan Tugas Akhir**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan tingkat S1  
di Program Studi Fisika ITB

Oleh:

**Zamzam Multazam**

**10210012**



**Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Bandung  
2014**

# **PENENTUAN LITOLOGI DAN POROSITAS DATA SUMUR MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN UNTUK ESTIMASI SATURASI AIR DAN PERMEABILITAS**

## **Laporan Tugas Akhir**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan tingkat S1  
di Program Studi Fisika ITB

Oleh:

**Zamzam Multazam**

**10210012**



**Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Bandung  
2014**

# **LEMBAR PENGESAHAN**

## **PENENTUAN LITOLOGI DAN POROSITAS DATA SUMUR MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN UNTUK ESTIMASI SATURASI AIR DAN PERMEABILITAS**

Oleh:

Zamzam Multazam

10210012

Program Studi Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Bandung

Tugas Akhir ini dipresentasikan pada 25 Agustus 2014

Pembimbing:

Prof. Dr. rer. nat. Umar Fauzi

Penguji:

Gunawan Handayani, M.Sc., Ph.D.

Dr.rer.nat. Freddy Haryanto

Telah diperiksa, disetujui dan disahkan oleh:  
Pembimbing

**Prof. Dr. rer. nat. Umar Fauzi**

NIP. 196405041989031002

## ABSTRAK

Sifat fisik batuan yang penting untuk diketahui yaitu porositas, saturasi air dan permeabilitas. Sifat fisik batuan dapat diukur dengan dua cara yaitu yaitu pengukuran di laboratorium dari sampel batuan dan *well logging*. *Well logging* merupakan proses pengukuran sifat fisik lubang bor untuk mencari kandungan fluida yang bernilai ekonomis di bawah permukaan bumi. Jaringan saraf tiruan digunakan untuk menentukan hubungan antara data log, litologi dan porositas. Diawali dengan melakukan latihan dari data log yang sudah diketahui nilai litologi dan porositas, kemudian model tersebut dapat digunakan untuk menentukan litologi dan porositas pada formasi batuan lain. Data log yang digunakan sebagai *input* yaitu log sonik, densitas dan efek fotolistrik pada batuan *sandstone*, *limestone*, *dolomite*, dan *anhydrite* dalam rentang porositas 0,01-0,4 serta bersih dari pengaruh *shale*. Setelah mendapatkan litologi dan porositas maka dapat dihitung saturasi air dengan menggunakan persamaan Archie dan permeabilitas dengan menggunakan persamaan Timor. Latihan litologi berhenti pada saat nilai error mencapai 0,00001 sedangkan untuk porositas berhenti pada epoch maksimal. Hasil latihan cukup akurat dengan rentang kesalahan 18% untuk litologi dan untuk porositas memiliki selisih antara model dan referensi yaitu 4,7746%.

**Kata kunci:** Archie, Jaringan Saraf Tiruan, Saturasi Air, Well Logging

## ABSTRACT

The physical properties of rocks important to know that the porosity, water saturation and permeability. The physical properties of rocks can be measured in two ways in the laboratory measurements of rock samples and well logging. Well logging is the process of measuring the physical properties of the borehole to search for economically valuable fluid content beneath the earth's surface. Artificial neural networks is used to determine the relationship between the data logs, lithology and porosity. Starting with training of log data that is already known lithology and porosity values, then the model can is used to determine the lithology and porosity of the rock formations others. Log data is are used as input that is the sonic log, density and photoelectric effect on sandstone rock, limestone, dolomite, and anhydrite in porosity ranges from 0,01 to 0.4 and net of the effect of shale. Water saturation and permeability calculated after getting lithology and porosity using Archie equation and Timur equation. Lithology training stops with error reaches 0.00001, while for training porosity stopped by reaching the maximum epoch. The training result is quite accurate with error rate of 18% to lithology and porosity has error that is 4.7746%.

**Kata kunci: Archie, Artificial Neural Network, Water Saturation, Well Logging**

*Sebagai janji untuk Almarhum Ibu tercinta,  
semoga mendapat tempat terbaik di sisi-Nya*

*"Karena sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan"  
(Alam Nasyrah: 5)*

## Kata Pengantar

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT karena atas nikmat, rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Penentuan Litologi dan Porositas Data Sumur Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Untuk Estimasi Saturasi Air dan Permeabilitas". Shalawat serta salam semoga senantiasa penulis curahkan kepada Nabi besar Muhammad Saw.

Tugas Akhir ini merupakan penelitian di bidang Fisika Bumi dan Sistem Kompleks, khususnya dalam interpretasi data log sumur. Penelitian ini dimulai dari pemahaman dasar dari alat-alat log yang digunakan, penurunan rumus model yang digunakan, penurunan persamaan porositas, saturasi dan permeabilitas kemudian perancangan program hingga pengujian pada data log sumur. Penulis berharap penelitian ini dapat memicu lahirnya ide-ide penelitian lain yang serupa dan menjadi kontribusi untuk industri minyak dan gas di Indonesia.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, penulis menghabiskan waktu hampir satu tahun untuk bisa melakukan interpretasi data log sumur dengan tepat. Penulis menghabiskan banyak waktu untuk memahami banyak materi yang belum dipahami. Tugas Akhir ini membutuhkan data log sumur yang *real* sebagai pengujian terhadap model, namun data log ini sangat sulit didapatkan sehingga penulis hanya menggunakan data log seadanya dari buku-buku referensi.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis dibantu oleh banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Almarhum Ibu, Tatu Nurlela, untuk segalanya semoga beliau mendapatkan tempat yang terbaik di sisi Allah SWT. Adik-adik tersayang yaitu Ilham Burhanudin dan Putri Nirwana, kalian adalah inspirasi penulis. Wali penulis Tatu Humaeroh dan Johannes Maliangkay yang telah merawat penulis sejak kehilangan orang tua. Paman dan Bibi yaitu Mang Cecep, Bi Eli, Mang deni, Bi Iim, Bi Ida, Mang Ajang, Bu enung, Pak Yedi serta semua anggota keluarga yang telah memberikan dukungannya.
2. Prof. Dr. rer. nat. Umar Fauzi sebagai pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Gunawan Handayani, M.ScE., Ph.D. dan Dr.rer.nat. Freddy Haryanto yang telah

bersedia menjadi dosen penguji.

4. Beasiswa Bidik Misi dan Lembaga Kemahasiswaan ITB atas beasiswa yang diberikan selama kuliah di ITB.
5. Teman-teman satu lab *rockphysics* yaitu Ulin , Bu Yani, Pak Fikri, Fredi, Anang, Edy, Endah, dan Vano yang telah membantu diskusi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Para penghuni dan calon penghuni Asrama Bumi Ganesha, terutama Aziz dan Rachmat sebagai teman satu atap dan bermain.
7. Tommy Ikhlasul Amal, Fhandy Ahmad dan Martanto yang bersedia menemani penulis *refresing* di sela-sela mengerjakan Tugas Akhir dengan bermain *Age of Empire II*.
8. Teman-teman Unit Kebudayaan Banten 'DEBUST ITB' terutama teman seangkatan Alif, Aliffia, Adit, Dicky, Irma, Dika, Dita, Septi, Deni yang menjadi teman bermain selama kuliah di ITB.
9. Firman Iqro B. sebagai teman diskusi komputasi.
10. Tim Phiwiki dan Badan Pengurus HIMAFI ITB 2012-2013 atas kerja sama dan pengalamannya selama di HIMAFI ITB.
11. Laboratorium Fisika Dasar ITB, salah satu tempat untuk mengembangkan kelimuan penulis. Terima kasih untuk karyawan LFD yaitu Mas Fandi, Mas Dani, Mas Solohin, Mas Tri serta teman-teman koordinator asisten yaitu Denies, Dimas, Mahdi, Tuti, Amanda, Aufa, Indah, Ghina, Ginna, Kingkin, Miranti, Pipit, Firman, dkk, terimakasih dan senang pernah bekerja sama dengan para kolega sekalian.
12. Laboratorium Fisika Lanjut, salah satu tempat untuk mengembangkan kelimuan penulis. Terima kasih kepada Kepala Lab yaitu Pak Nurhasan atas nasihat dan bimbingannya selama menjadi koordinator asisten. Teman-teman asisten yaitu, Surya, Fredi, CH, Abel, Arfi, Adam, Widison, Fajri, Cia, Miranti, Ghina, Pipit, Latifah, Indah, Arif, dan Aufa atas kerja sama dan saling mengingatkan untuk segera lulus.

13. Staf tata usaha Fisika ITB terutama Pak Yeye dan Pak Sulaeman yang telah membantu kelancaran pengurusan administrasi penulis selama kuliah di Fisika ITB.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini memiliki banyaknya kekurangan. Penulis akan menerima segala kritik, saran dan pertanyaan dari pembaca untuk mengembangkan Tugas Akhir ini. Email penulis: zamzammultazam.zm@gmail.com.

Bandung, Agustus 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                       |            |
|-------------------------------------------------------|------------|
| <b>Abstrak</b>                                        | <b>i</b>   |
| <b>Abstrak</b>                                        | <b>ii</b>  |
| <b>Kata Pengantar</b>                                 | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR ISI</b>                                     | <b>vii</b> |
| <b>Daftar Simbol</b>                                  | <b>x</b>   |
| <b>Daftar Gambar</b>                                  | <b>xii</b> |
| <b>Daftar Tabel</b>                                   | <b>xv</b>  |
| <b>Bab 1 PENDAHULUAN</b>                              | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang                                    | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah                                   | 2          |
| 1.3 Ruang Lingkup Kajian                              | 2          |
| 1.4 Tujuan Penulisan                                  | 2          |
| 1.5 Metodologi Penelitian                             | 3          |
| 1.6 Sistematika Penulisan                             | 3          |
| <b>Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>                         | <b>4</b>   |
| 2.1 Ruang Lingkup Logging                             | 4          |
| 2.2 Sifat Fisis Batuan                                | 5          |
| 2.2.1 Porositas ( $\phi$ )                            | 5          |
| 2.2.2 Saturasi Air ( $S_w$ )                          | 7          |
| 2.2.3 Permeabilitas                                   | 10         |
| 2.3 <i>Spontaneous Potential</i>                      | 14         |
| 2.3.1 Komponen pembentuk <i>Spontaneous Potential</i> | 15         |
| 2.3.2 <i>Static Spontaneous Potential</i> (SSP)       | 16         |
| 2.4 Log Gamma Ray                                     | 17         |
| 2.4.1 Alat log sinar gamma                            | 19         |

|              |                                                                                                   |           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5          | Log Resistivitas                                                                                  | 21        |
| 2.6          | Log Porositas                                                                                     | 24        |
| 2.6.1        | Log Sonik                                                                                         | 24        |
| 2.6.2        | Log Densitas                                                                                      | 27        |
| 2.6.3        | Log Neutron                                                                                       | 31        |
| 2.7          | Jaringan Saraf Tiruan                                                                             | 33        |
| 2.7.1        | Komponen Jaringan Saraf                                                                           | 34        |
| 2.7.2        | Arsitektur Jaringan                                                                               | 35        |
| 2.7.3        | Fungsi Aktivasi                                                                                   | 36        |
| 2.7.4        | Proses Pembelajaran                                                                               | 40        |
| <b>Bab 3</b> | <b>IMPLEMENTASI JARINGAN SARAF TIRUAN</b>                                                         | <b>46</b> |
| 3.1          | Latihan Jaringan Saraf Tiruan                                                                     | 46        |
| 3.1.1        | Data <i>input</i> dan target                                                                      | 46        |
| 3.1.2        | Pelatihan data <i>input</i> terhadap target                                                       | 53        |
| 3.2          | Interpretasi Data Log                                                                             | 54        |
| 3.2.1        | Menghitung Volume dari <i>shale</i> ( $V_{sh}$ )                                                  | 56        |
| 3.2.2        | Koreksi data log sonik, densitas dan <i>photoelectric effect</i> (PEF) dari pengaruh <i>shale</i> | 57        |
| 3.2.3        | Mendeteksi Kehadiran Gas                                                                          | 58        |
| 3.2.4        | Menghitung Resistivitas Air Formasi ( $R_w$ )                                                     | 59        |
| 3.2.5        | Menghitung Saturasi Air                                                                           | 60        |
| 3.2.6        | Menghitung Permeabilitas                                                                          | 61        |
| <b>Bab 4</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                                                                       | <b>62</b> |
| 4.1          | Hasil                                                                                             | 62        |
| 4.1.1        | Kasus 1                                                                                           | 62        |
| 4.1.2        | Kasus 2                                                                                           | 63        |
| 4.2          | Pembahasan                                                                                        | 65        |
| 4.2.1        | Latihan                                                                                           | 65        |
| 4.2.2        | Log Interpretasi                                                                                  | 71        |
| <b>Bab 5</b> | <b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>                                                                       | <b>76</b> |
| 5.1          | Kesimpulan                                                                                        | 76        |
| 5.2          | Saran                                                                                             | 76        |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> | <b>77</b> |
| <b>Bab 6 LAMPIRAN</b> | <b>79</b> |

# DAFTAR SIMBOL

|            |                                                                              |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|
| $\phi$     | Porositas (%)                                                                |
| $\phi_S$   | Porositas dari log sonik (%)                                                 |
| $\phi_D$   | Porositas dari log(%) densitas                                               |
| $\phi_N$   | Porositas dari log neutron(%)                                                |
| $V_b$      | Volume total ( <i>bulk volume</i> )( $m^3$ )                                 |
| $V_s$      | Volume padatan batuan total ( <i>grain volume</i> )( $m^3$ )                 |
| $V_p$      | Volume rongga ( <i>grain volume</i> )( $m^3$ )                               |
| $V_w$      | Volume air dalam pori ( $m^3$ )                                              |
| $V_h$      | Volume hidrokarbon dalam pori ( $m^3$ )                                      |
| $V_{sh}$   | Volume <i>shale</i> dalam batuan ( $m^3$ )                                   |
| $\sigma_f$ | Konduktivitas fluida ( $ohm.m^{-1}$ )                                        |
| $\sigma_m$ | Konduktivitas matriks ( $ohm.m^{-1}$ )                                       |
| $\tau$     | tortuositas                                                                  |
| $F$        | Faktor formasi                                                               |
| $a$        | Konstanta yang bergantung pada jenis batuan (0,6-2)                          |
| $m$        | Faktor sementasi (1-3)                                                       |
| $R_o$      | Resistivitas batuan pori hanya terisi air formasi( $ohm.m$ )                 |
| $R_t$      | Resistivitas batuan pori yang terisi air formasi dan hidrokarbon ( $ohm.m$ ) |
| $R_w$      | Resistivitas air formasi ( $ohm.m$ )                                         |
| $n$        | Eksponen saturasi (berdasarkan percobaan)                                    |
| $k$        | Permeabilitas (darcy)                                                        |
| $\mu$      | Viskositas fluida (cp)                                                       |
| $V$        | Kecepatan aliran (cm/s)                                                      |
| $P$        | Tekanan (atm)                                                                |
| $R_{mf}$   | Resistivitas <i>mud filtrat</i> ( $ohm.m$ )                                  |
| $R_{mfe}$  | Resistivitas <i>mud filtrat</i> ekuivalen ( $ohm.m$ )                        |
| $R_{we}$   | resistivitas air formasi ekuivalen                                           |
| $T_F$      | Temperatur formasi pada kedalaman tertentu ( $^{\circ}F$ )                   |
| $T_S$      | Temperatur permukaan ( $^{\circ}F$ )                                         |
| $T_B$      | Temperatur bawah lubang bor ( $^{\circ}F$ )                                  |

|                     |                                                   |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| $T_{mf}$            | Temperatur filtrat lumpur ( $^{\circ}F$ )         |
| $D_T$               | Kedalaman total ( $ft$ )                          |
| $D_F$               | Kedalaman fromasi tertentu ( $ft$ )               |
| $GR_{log}$          | Nilai gamma ray dari pengukuran (API)             |
| $GR_{min}$          | Nilai gamma ray minimum (API)                     |
| $GR_{max}$          | Nilai gamma ray maksimum (API)                    |
| $\Delta t_{log}$    | Interval transit time dari formasi ( $\mu s/ft$ ) |
| $\Delta t_{ma}$     | Interval transit time dari matriks ( $\mu s/ft$ ) |
| $\Delta t_{fluida}$ | Interval transit time dari fluida ( $\mu s/ft$ )  |
| $A$                 | Berat atom (berat satu atom dari unsur)           |
| $Z$                 | Nomor atom (Jumlah neutron dalam inti atom)       |
| $N$                 | Bilangan avogadro ( $6,02 \times 10^{23}$ )       |
| $N_e$               | Jumlah elektron di dalam formasi                  |
| $x$                 | Vektor input                                      |
| $y_i n$             | Input jairngan ke unit output Y                   |
| $t$                 | Target (output)                                   |
| $w$                 | Bobot                                             |
| $b$                 | Bias                                              |
| $t$                 | Target                                            |

# DAFTAR GAMBAR

|                    |                                                                                               |    |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 1.1</b>  | Cadangan minyak dan gas bumi(1 Januari 2012) [2]                                              | 1  |
| <b>Gambar 2.1</b>  | Rig pengeboran dan daerah di sekitar lubang bor [17]                                          | 4  |
| <b>Gambar 2.2</b>  | Struktur pori dan matriks batuan sedimen                                                      | 5  |
| <b>Gambar 2.3</b>  | Model kapiler sederhana                                                                       | 6  |
| <b>Gambar 2.4</b>  | Penampang horizontal (a) <i>water bearing zone</i> (b) hidrokarbon<br><i>bearing zone</i> [7] | 9  |
| <b>Gambar 2.5</b>  | Percobaan Darcy                                                                               | 10 |
| <b>Gambar 2.6</b>  | Aliran fluida dalam pipa                                                                      | 11 |
| <b>Gambar 2.7</b>  | Penyimpangan kurva SP akibat perbedaan resistivitas [7]                                       | 14 |
| <b>Gambar 2.8</b>  | Komponen pembentuk <i>spontaneous potential</i> [6]                                           | 15 |
| <b>Gambar 2.9</b>  | Pergesaran garis SP [7]                                                                       | 17 |
| <b>Gambar 2.10</b> | Contoh kurva log gamma ray [11]                                                               | 18 |
| <b>Gambar 2.11</b> | Detektor isian gas                                                                            | 19 |
| <b>Gambar 2.12</b> | Proses sintilasi                                                                              | 20 |
| <b>Gambar 2.13</b> | Tabung <i>photomultiplier</i>                                                                 | 21 |
| <b>Gambar 2.14</b> | Contoh kurva log resistivitas yang melewati batuan formasi [11]                               | 22 |
| <b>Gambar 2.15</b> | Prinsip kerja alat lateralog [6]                                                              | 23 |
| <b>Gambar 2.16</b> | Penampang bantalan MSFL [6]                                                                   | 23 |
| <b>Gambar 2.17</b> | Contoh kurva log porositas yang melewati [11]                                                 | 24 |
| <b>Gambar 2.18</b> | Prinsip kerja log sonik [6]                                                                   | 25 |
| <b>Gambar 2.19</b> | Rangkaian alat log densitas [6]                                                               | 29 |
| <b>Gambar 2.20</b> | Prinsip kerja log neutron [6]                                                                 | 33 |
| <b>Gambar 2.21</b> | Susunan saraf manusia [9]                                                                     | 33 |
| <b>Gambar 2.22</b> | Struktur jaringan saraf [9]                                                                   | 34 |
| <b>Gambar 2.23</b> | Jaringan saraf dengan lapisan tunggal [9]                                                     | 35 |
| <b>Gambar 2.24</b> | Jaringan saraf dengan banyak lapisan [9]                                                      | 36 |
| <b>Gambar 2.25</b> | Jaringan saraf dengan lapisan kompetitif [9]                                                  | 36 |
| <b>Gambar 2.26</b> | Fungsi aktivasi <i>hardlimit</i> [9]                                                          | 37 |
| <b>Gambar 2.27</b> | Fungsi aktivasi <i>threshold</i> [9]                                                          | 37 |
| <b>Gambar 2.28</b> | Fungsi aktivasi bipolar <i>symmetric hard limit</i> [9]                                       | 37 |

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.29</b> Fungsi aktivasi bipolar <i>threshold</i> [9]                                      | 38 |
| <b>Gambar 2.30</b> Fungsi aktivasi identitas ( <i>linear</i> ) [9]                                   | 38 |
| <b>Gambar 2.31</b> Fungsi aktivasi ( <i>saturating linear</i> ) [9]                                  | 38 |
| <b>Gambar 2.32</b> Fungsi aktivasi ( <i>symmetric saturating linear</i> ) [9]                        | 39 |
| <b>Gambar 2.33</b> Fungsi aktivasi sigmoid biner [9]                                                 | 39 |
| <b>Gambar 2.34</b> Fungsi aktivasi sigmoid bipolar [9]                                               | 40 |
| <b>Gambar 2.35</b> Arsitektur jaringan <i>backpropagation</i> [9]                                    | 41 |
| <br>                                                                                                 |    |
| <b>Gambar 3.1</b> Data masukan log sonik pada <i>sandstone</i> dengan menggunakan persamaan 2.50     | 47 |
| <b>Gambar 3.2</b> Data masukan log densitas pada <i>sandstone</i> dengan menggunakan persamaan 2.66  | 47 |
| <b>Gambar 3.3</b> Data masukan PEF pada <i>sandstone</i> dengan menggunakan persamaan 2.67           | 48 |
| <b>Gambar 3.4</b> Data masukan log sonik pada <i>dolomite</i> dengan menggunakan persamaan 2.50      | 48 |
| <b>Gambar 3.5</b> Data masukan log densitas pada <i>dolomite</i> dengan menggunakan persamaan 2.66   | 49 |
| <b>Gambar 3.6</b> Data masukan PEF pada <i>dolomite</i> dengan menggunakan persamaan 2.67            | 49 |
| <b>Gambar 3.7</b> Data masukan log sonik pada <i>limestone</i> dengan menggunakan persamaan 2.50     | 50 |
| <b>Gambar 3.8</b> Data masukan log densitas pada <i>limestone</i> dengan menggunakan persamaan 2.66  | 50 |
| <b>Gambar 3.9</b> Data masukan PEF pada <i>limestone</i> dengan menggunakan persamaan 2.67           | 51 |
| <b>Gambar 3.10</b> Data masukan log sonik pada <i>anhydrite</i> dengan menggunakan persamaan 2.50    | 51 |
| <b>Gambar 3.11</b> Data masukan log densitas pada <i>anhydrite</i> dengan menggunakan persamaan 2.66 | 52 |
| <b>Gambar 3.12</b> Data masukan PEF pada <i>anhydrite</i> dengan menggunakan persamaan 2.67          | 52 |
| <b>Gambar 3.13</b> Arsitektur jaringan untuk target litologi                                         | 53 |
| <b>Gambar 3.14</b> Arsitektur jaringan untuk target porositas                                        | 53 |
| <b>Gambar 3.15</b> Diagram alir perubahan bobot menggunakan Levenberg-Marquardt                      | 54 |

|                    |                                                                             |    |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 3.16</b> | Diagram alir interpretasi data log                                          | 55 |
| <b>Gambar 3.17</b> | Diagram alir untuk menentukan lapisan <i>shale</i> dan menghitung volumenya | 56 |
| <b>Gambar 3.18</b> | Diagram alir untuk menghilangkan pengaruh <i>shale</i> pada data log        | 57 |
| <b>Gambar 3.19</b> | Diagram alir untuk mendeteksi kehadiran gas pada formasi batuan             | 58 |
| <b>Gambar 3.20</b> | Diagram alir untuk menghitung $R_w$                                         | 59 |
| <b>Gambar 3.21</b> | Diagram alir untuk menghitung $S_w$ dan $S_{xo}$                            | 60 |
| <b>Gambar 3.22</b> | Diagram alir untuk menghitung permeabilitas                                 | 61 |
| <b>Gambar 4.1</b>  | Grafik <i>performance train, validation</i> dan <i>test</i>                 | 65 |
| <b>Gambar 4.2</b>  | Grafik regresi <i>train, validation</i> dan <i>test</i>                     | 66 |
| <b>Gambar 4.3</b>  | Grafik perubahan $\mu$ selama pelatihan                                     | 67 |
| <b>Gambar 4.4</b>  | Grafik <i>output</i> latihan dan target                                     | 67 |
| <b>Gambar 4.5</b>  | Grafik <i>performance train, validation</i> dan <i>test</i>                 | 68 |
| <b>Gambar 4.6</b>  | Grafik regresi <i>train, validation</i> dan <i>test</i>                     | 69 |
| <b>Gambar 4.7</b>  | Grafik perubahan $\mu$ selama pelatihan                                     | 70 |
| <b>Gambar 4.8</b>  | Hasil latihan untuk target porositas                                        | 70 |
| <b>Gambar 4.9</b>  | Indeks gamma ray dengan pembatas 0,4 pada kasus 2                           | 71 |
| <b>Gambar 4.10</b> | Perbedaan porositas antara model dan referensi untuk kasus 1                | 73 |
| <b>Gambar 4.11</b> | Perbedaan porositas antara model dan referensi untuk kasus 2                | 74 |
| <b>Gambar 6.1</b>  | Data log dan interpretasi pada kasus 1                                      | 79 |
| <b>Gambar 6.2</b>  | Data log dan interpretasi pada kasus 2                                      | 80 |

## DAFTAR TABEL

|                  |                                                            |    |
|------------------|------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> | Tabel nilai gamma ray mineral [7]                          | 18 |
| <b>Tabel 2.2</b> | Tabel nilai interval transit mineral [7]                   | 26 |
| <b>Tabel 2.3</b> | Tabel nilai efek fotolistrik dan densitas dari mineral [7] | 28 |
| <b>Tabel 4.1</b> | Tabel input untuk kasus 1 [7]                              | 62 |
| <b>Tabel 4.2</b> | Tabel hasil pengolahan kasus 1                             | 62 |
| <b>Tabel 4.3</b> | Tabel input untuk kasus 2                                  | 63 |
| <b>Tabel 4.4</b> | Tabel hasil pengolahan kasus 2                             | 64 |
| <b>Tabel 4.5</b> | Tabel data log dan litologi yang telah dikoreksi           | 72 |
| <b>Tabel 4.6</b> | Tabel kandungan hidrokarbon pada kasus 2                   | 75 |