

# Teknik Produksi Geotermal

*Nenny Miryani Saptadji*

*M. Ali Ashat*

*Dimas Taha Maulana*

Institut Teknologi Bandung, Indonesia

ITB  PRESS

Hak cipta © pada penulis dan dilindungi Undang-Undang  
Hak penerbitan pada ITB Press

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh bagian dari buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

*Teknik Produksi Geotermal*

Penulis : Nenny Miryani Saptadji, M. Ali Ashat, Dimas Taha Maulana  
Penyunting Bahasa : Maulana Fatwa Putra, Dinda Permatasari RB, Afdhal Baravanni,  
Adrian Tawakal, Indra Agoes Nugroho  
Desian Sampul : Taufiq Rachman  
Ilustrator : Taufiq Rachman  
  
Cetakan I : 2023  
ISBN : 978-623-297-295-7

**ITB PRESS**

📍 Gedung STP ITB, Lantai 1,  
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132  
☎ +62 22 20469057  
🌐 [www.itbpress.id](http://www.itbpress.id)  
✉ [office@itbpress.id](mailto:office@itbpress.id)  
Anggota Ikapi No. 043/JBA/92  
APPTI No. 005.062.1.10.2018

# Halaman Dedikasi

Kami persembahkan buku ini kepada mahasiswa Program Studi Magister Teknik Geotermal ITB yang ingin belajar, mendalami bidang Teknik Produksi Geotermal, salah satu bidang yang sangat diperlukan untuk memproduksi fluida geotermal dari bawah permukaan ke permukaan, hingga dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang.

Kami persembahkan juga buku ini untuk mahasiswa dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia, agar dapat memahami dasar-dasar teknik produksi dan aplikasinya di dunia kerja. Banyak lapangan geotermal yang akan dikembangkan di Indonesia untuk mendukung target pengurangan emisi gas rumah kaca yang telah ditetapkan pemerintah. Tersedianya sumber daya manusia yang memiliki keahlian dalam bidang teknik geotermal sangat dibutuhkan.

Penulis bersyukur mendapat ilmu dan pengetahuan mengenai teknik produksi dari beberapa pendidik dan pengetahuan mengenai aplikasi di lapangan dari rekan-rekan di industri geotermal, antara lain:

1. **Prof. Ir. Pudjo Sukarno M.Sc., Ph.D.**, Staf Pengajar Program Studi Teknik Perminyakan ITB, yang telah memberikan pengetahuan dasar kepada kami tentang teknik produksi minyak, yang pada prinsip memiliki kesamaan dalam beberapa hal, dengan teknik produksi yang digunakan di bidang teknik geotermal.
2. **Prof. Derek H. Freeston M.Sc., Ph.D.**, Staf Pengajar di *Geothermal Institute University of Auckland* dan di Jurusan Teknik Mesin *University of Auckland – New Zealand*. Beliau juga merupakan promotor dan pembimbing penelitian penulis pertama buku ini, saat melaksanakan program Ph.D pada tahun 1987 – 1995.
3. Rekan-rekan dari Asosiasi Panas Bumi Indonesia (API) serta dari industri geotermal, antara lain dari PT Pertamina Geotermal Energy, Star Energy Ltd., PT Geo Dipa Energi, dan Supreme Energy Ltd., yang telah berbagi ilmu, pengetahuan, dan pengalamannya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada civitas akademik Program Studi Magister Teknik Geotermal ITB atas dukungan yang diberikan untuk penerbitan buku ini.

# Daftar Isi

Halaman Dedikasi .....	v
Daftar Isi .....	vii
Tentang Penulis .....	xi
Kata Pengantar .....	xiv
<b>Bab I. Pendahuluan .....</b>	<b>1</b>
I.1    Latar Belakang.....	1
I.2    Tinjauan Singkat Sistem Produksi Geotermal .....	6
I.3    Lingkup Kegiatan Teknik Produksi Geotermal.....	8
I.4    Pengetahuan untuk Bidang Teknik Produksi Geotermal .....	9
I.5    Sistematika Penulisan .....	11
Referensi.....	13
<b>Bab II. Sistem Produksi Geotermal .....</b>	<b>15</b>
II.1    Reservoir .....	21
II.2    Sumur.....	25
II.3    Separator .....	40
II.4    Pipa Alir Fluida Dua Fasa .....	44
II.5    Pipa Alir Uap .....	47
II.6    Pipa Alir Air .....	52
Referensi.....	54
<b>Bab III. Sifat Termodinamika Fluida Geotermal .....</b>	<b>56</b>
III.1    Sifat Fluida Satu Fasa.....	60
III.2    Sifat Fluida Dua Fasa (Uap-Air) .....	67
Referensi.....	71
<b>Bab IV. Dasar Mekanika Fluida .....</b>	<b>72</b>
IV.1    Satuan Engineering ( <i>Engineering Unit</i> ) .....	72
IV.2    Persamaan Dasar Aliran .....	81
Referensi.....	88

<b>Bab V. Metode Penentuan Kehilangan Tekanan di dalam Sumur dan Pipa Alir Uap.....</b>	<b>89</b>
V.1 Aliran Uap di dalam Sumur.....	90
V.2 Aliran Uap di dalam Pipa Transmisi Uap .....	92
V.3 Metode Penentuan Kehilangan Tekanan .....	94
V.4 Penentuan Kehilangan Tekanan di dalam Sumur Uap.....	95
V.5 Penentuan Kehilangan Tekanan di Pipa Alir Uap .....	99
V.6 Penentuan Diameter Pipa Transmisi Uap .....	102
V.7 Soal Latihan.....	104
Referensi.....	105
<b>Bab VI. Metode Penentuan Kehilangan Tekanan dalam Sumur dan Pipa Alir Dua Fasa.....</b>	<b>106</b>
VI.1 Aliran Fluida di dalam Sumur Dua Fasa.....	107
VI.2 Homogeneous Model .....	110
VI.3 Separated Model.....	110
VI.4 Drift Flux Model .....	137
VI.5 Kehilangan Tekanan di <i>Fittings</i> .....	140
VI.6 Contoh Perhitungan Tekanan di Pipa Alir Dua-Fasa .....	146
Referensi.....	159
<b>Bab VII. Pengukuran Laju Alir Uap .....</b>	<b>160</b>
VII.1 Prinsip Pengukuran Laju Aliran.....	160
VII.2 Jenis Alat Ukur Aliran .....	161
VII.3 Perhitungan Laju Alir dengan <i>Orifice</i> Berdasarkan <i>British Standard</i> .....	181
VII.4 Desain <i>Orifice</i> .....	192
Referensi.....	197
<b>Bab VIII. Pemisahan Uap dan Air dalam Separator .....</b>	<b>198</b>
VIII.1 Pengembangan Separator Fluida geotermal.....	199
VIII.2 Separator <i>Cyclone</i> untuk Uap/Gas – <i>Liquid</i> .....	202
VIII.3 Metode Lain Pemisahan Uap/Gas- <i>Liquid</i> .....	208
VIII.4 Performa Separator <i>Cyclone</i> .....	212
VIII.5 Desain Separator .....	220
Referensi.....	226

<b>Bab IX. Dasar Perpipaian .....</b>	<b>227</b>
IX.1 Allowance untuk Ekspansi .....	227
IX.2 Fleksibilitas Perpipaian.....	229
IX.3 Fitting Ekspansi .....	231
IX.4 Full Loop.....	231
IX.5 Horseshoe atau Lyre Loop .....	232
IX.6 Expansion Loop .....	233
IX.7 Sliding Joint (Sambungan Geser) .....	234
IX.8 Expansion Bellows.....	234
IX.9 Jarak Penyangga Pipa .....	236
Referensi.....	237
<b>Bab X. Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas .....</b>	<b>238</b>
X.1 Perpindahan Kalor Konduksi .....	239
X.2 Perpindahan Kalor Konveksi.....	246
X.3 Metode Sederhana untuk Perhitungan Kehilangan Panas dan Tekanan pada Pipa Alir Uap .....	249
Referensi.....	252
<b>Bab XI. Persiapan Uji Produksi Sumur Geotermal .....</b>	<b>253</b>
XI.1 Latar Belakang.....	253
XI.2 Tujuan dan Metodologi Uji Produksi .....	254
XI.3 Metode Uji Produksi.....	256
XI.4 Pengumpulan Data Pendukung .....	261
XI.5 Persiapan Peralatan Uji Produksi.....	267
XI.6 Persiapan Pelaksanaan di Lapangan .....	268
Referensi.....	269
<b>Bab XII. Stimulasi Produksi Sumur Geotermal .....</b>	<b>270</b>
XII.1 Latar Belakang.....	270
XII.2 Tujuan Stimulasi Produksi Sumur .....	271
XII.3 Metode Stimulasi Produksi Sumur.....	271
XII.4 Stimulasi Sumur dengan <i>Air (gas) compression</i> .....	274
XII.5 Stimulasi Sumur dengan <i>Gas lifting</i> .....	278
XII.6 Stimulasi Sumur dengan <i>Two phase/steam injection</i> .....	282
Referensi.....	284

Lampiran.....	285
<b>Bab XIII. Simulasi Sumur Geotermal .....</b>	<b>288</b>
XIII.1 Latar Belakang.....	288
XIII.2 Tujuan .....	291
XIII.3 Pemodelan Kurva Output Produksi Sumur Uap .....	291
XIII.4 Pemodelan Kurva Output Produksi Sumur Dua-Fasa .....	292
Referensi.....	300
Lampiran.....	300
<b>Bab XIV. Simulasi Sumur untuk Estimasi Kedalaman Terbentuknya Scale .....</b>	<b>304</b>
XIV.1 Pendahuluan .....	304
XIV.2 Pembentukan Scale .....	305
XIV.3 Aliran Fluida Dua Fasa .....	309
XIV.4 Studi Kasus Sumur.....	309
Daftar Notasi .....	312
Referensi.....	313
<b>Bab XV. Analisis Pressure Temperature Spinner (PTS) Survey Pada Sumur Geotermal .....</b>	<b>314</b>
XV.1 Latar Belakang.....	315
XV.2 Prosedur pelaksanaan survei PTS .....	317
XV.3 Teori Dasar Analisis Hasil Survey PTS.....	323
XV.4 Metodologi.....	328
XV.5 Contoh Analisis Data PTS <i>Flowing</i> .....	330
XV.6 Studi Kasus: Analisis PTS Sumur Satu-Fasa Uap .....	338
XV.7 Studi Kasus: Analisa PTS Sumur Dua-Fasa .....	351
Referensi.....	363