

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. TINJAUAN UMUM LAPANGAN PANAS BUMI SOEJI	5
2.1. Daerah Penelitian	5
2.2. Geologi Regional Lapangan Soeji	6
2.3. Analisa Geokimia Lapangan Soeji.....	9
2.3.1. Geokimia – Analisa Diagram Trilinear SO ₄ – Cl – HCO ₃	9
2.3.2. Geokimia – Analisa Diagram Trilinear Na-K-Mg	10
2.4. Analisa Geofisika Lapangan Soeji	12
2.5. Konseptual Sistem Panasbumi Lapangan Soeji	14
2.5.1. Area Prospektif dan Kontrol Permeabilitas oleh Gejala Geologi.....	14
2.5.2. Model Konseptual.....	14
BAB III. LANDASAN TEORI PERENCANAAN <i>PRIMARY</i>	
<i>CEMENTING</i>	16
3.1. Penyemenan Sumur Panas Bumi	16

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
3.1.1. <i>Primary Cementing</i>	17
3.1.2. <i>Secondary Cementing</i>	18
3.2. Karakteristik Semen Pemboran.....	19
3.3.1. Densitas	21
3.3.2. <i>Compressive Strength</i> dan <i>Shear Bond Strength</i>	22
3.3.3. <i>Water Cement Ratio</i>	24
3.3.4. <i>Thickening Time</i>	25
3.3.5. <i>Plastic Viscosity</i> dan <i>Yield Point</i>	27
3.3.6. <i>Filtration Loss</i>	27
3.3.7. Permeabilitas Semen	28
3.3.8. <i>Sulfate Resistances</i>	28
3.3.9. <i>Waiting on Cement</i>	29
3.4. Aditif Semen	29
3.4.1. <i>Density Control</i>	30
3.4.2. <i>Accelerator</i>	31
3.4.3. <i>Retarder</i>	32
3.4.3. <i>Extender</i>	33
3.4.4. <i>Antifoam Agents</i>	34
3.4.5. <i>Weighting Agents</i>	34
3.4.6. <i>Dispersant</i>	35
3.4.7. <i>Fluid Loss Control Agents</i>	35
3.4.8. <i>Lost Circulation Agents</i>	36
3.4.9. <i>Special Additive</i>	36
3.5. Teknik Penyemenan Primary Cementing.....	37
3.5.1. <i>Top Job Cementing</i>	37
3.5.2. <i>Single Stage Cementing</i>	38
3.5.3. <i>Two-Stage Cementing</i>	40
3.5.4. <i>Inner String (Stinger) Cementing</i>	42
3.5.5. <i>Reverse Circulation Cementing</i>	41
3.6. Peralatan Penyemenan	47
3.6.1. Peralatan Atas Permukaan.....	48
3.6.1.1. <i>Cementing Unit</i>	48
3.6.1.2. <i>Cementing Head</i>	49
3.6.2. Peralatan Bawah Permukaan.....	49
3.6.2.1. <i>Casing</i>	49
3.6.2.2. <i>Centralizer</i>	49
3.6.2.3. <i>Scratchers</i>	50
3.6.2.4. Peralatan <i>Floating</i>	51

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

	Halaman
3.6.2.5. <i>Cementing Plug</i>	52
3.7. Hidrolika Penyemenan	53
3.7.1. Identifikasi Pola Aliran Semen Pemboran.	53
3.7.1.1. <i>Plug Flow</i>	54
3.7.1.2. <i>Laminar Flow</i>	54
3.7.1.3. <i>Turbulent Flow</i>	55
3.7.2. Model Aliran Matematis	55
3.7.2.1. <i>Newtonian Fluids</i>	56
3.7.2.2. <i>Bingham Plastic Fluids</i>	57
3.7.2.3. <i>Power Law Fluids</i>	58
3.8. Perencanaan <i>Primary Cementing</i>	58
3.8.1. Perencanaan <i>Slurry Design</i>	60
3.8.1.1. Penentuan Komposisi dan Aditif	60
3.8.1.2. Perhitungan Densitas <i>Slurry</i>	60
3.8.1.3. Perhitungan Volume <i>Slurry</i>	62
3.8.1.4. Perhitungan Volume <i>Spacer</i>	63
3.8.1.5. Perhitungan Volume <i>Displacement Fluids</i>	63
3.8.2. Perencanaan <i>Displacement Process</i>	63
3.8.2.1. Penentuan Laju Alir Pemompaan	64
3.8.2.1.1. Laju Alir Pemompaan <i>Spacer</i> dan <i>Displacement Fluids</i>	64
3.8.2.1.2. Laju Alir Pemompaan <i>Slurry</i>	64
3.8.2.2. Penentuan Tekanan Pemompaan	65
3.8.2.2.1. Tekanan Pemompaan Maksimum di Permukaan	65
3.8.2.2.2. Tekanan Pemompaan <i>Slurry</i>	65
3.8.2.3. Perencanaan <i>Placement Duration</i>	67
BAB IV. PERENCANAAN <i>PRIMARY CEMENTING</i> SUMUR ES-17	69
4.1. Data dan Identifikasi Terjadinya Problem Penyemenan Sumur ES-17	69
4.1.1. Data Sumur ES-17	69
4.1.2. <i>Well Trajectory Planning</i> Sumur ES-17	71
4.1.3. Perkiraan Problem Penyemenan Sumur ES-17	72
4.2. Perencanaan Penyemenan Trayek <i>Conductor 30"</i>	73
4.2.1. Perencanaan <i>Slurry Design</i>	73
4.2.1.1. Perencanaan Komposisi dan Aditif	74
4.2.1.1.1. Perencanaan Komposisi dan Aditif <i>Slurry</i>	75

DAFTAR ISI

(Lanjutan)

	Halaman
4.2.1.1.2. Perencanaan Komposisi dan Aditif <i>Spacer</i> ..	82
4.2.1.2. Penentuan Densitas	82
4.2.1.2.1. Penentuan Densitas <i>Slurry</i>	82
4.2.1.2.2. Penentuan Densitas <i>Spacer</i>	83
4.2.1.3. Perhitungan Volume.....	84
4.2.1.3.1. Perhitungan Volume <i>Slurry</i>	84
4.2.1.3.2. Perhitungan Volume <i>Spacer</i>	86
4.2.2. Perencanaan <i>Displacement Process</i>	87
4.2.2.1. Perhitungan Laju Alir Pemompaan	87
4.2.2.1.1. Laju Alir Pemompaan <i>Spacer</i>	87
4.2.2.1.2. Laju Alir Pemompaan <i>Slurry</i>	88
4.2.2.2. Perhitungan Tekanan Pemompaan	89
4.2.2.2. Perhitungan <i>Placement Duration</i>	91
4.3. Perencanaan Penyemenan Trayek <i>Intermediete 20"</i>	92
4.3.1. Perencanaan <i>Slurry Design</i>	92
4.3.1.1. Perencanaan Komposisi dan Aditif	93
4.3.1.1.1. Perencanaan Komposisi dan Aditif <i>Slurry</i>	94
4.3.1.1.2. Perencanaan Komposisi dan Aditif <i>Displacement Fluid</i> dan <i>Spacer</i>	101
4.3.1.2. Penentuan Densitas	101
4.3.1.2.1. Penentuan Densitas <i>Slurry</i>	101
4.3.1.2.2. Penentuan Densitas <i>Displacement Fluids</i> dan <i>Spacer</i>	103
4.3.1.3. Perhitungan Volume.....	103
4.3.1.3.1. Perhitungan Volume <i>Slurry</i>	103
4.3.1.3.2. Perhitungan Volume <i>Spacer</i>	106
4.3.1.3.3. Perhitungan Volume <i>Displacement Fluids</i>	106
4.3.2. Perencanaan <i>Displacement Process</i>	107
4.3.2.1. Perhitungan Laju Alir Pemompaan	107
4.3.2.1.1. Laju Alir Pemompaan <i>Spacer</i>	107
4.3.2.1.2. Laju Alir Pemompaan <i>Slurry</i>	108
4.3.2.1.3. Laju Alir Pemompaan <i>Displacement</i> <i>Fluids</i>	109
4.3.2.2. Perhitungan Tekanan Pemompaan	109
4.3.2.2.1. Perhitungan Tekanan Pemompaan Maksimum di Permukaan	110
4.3.2.2.2. Perhitungan Tekanan Pemompaan <i>Slurry</i> ..	111
4.3.2.3. Perhitungan <i>Placement Duration</i>	114

DAFTAR ISI
(Lanjutan)

	Halaman
4.4. Perencanaan Penyemenan Trayek Produksi 13 3/8”.....	116
4.4.1. Perencanaan <i>Slurry Design</i>	116
4.4.1.1. Perencanaan Komposisi dan Aditif.....	117
4.4.1.1.1. Perencanaan Komposisi dan Aditif <i>Slurry</i> ..	118
4.4.1.1.2. Perencanaan Komposisi dan Aditif <i>Displacement Fluid</i> dan <i>Spacer</i>	120
4.4.1.2. Penentuan Densitas	121
4.4.1.2.1. Penentan Densitas <i>Slurry</i>	121
4.4.1.2.2. Penentuan Densitas <i>Displacement Fluids</i> dan <i>Spacer</i>	124
4.4.1.3. Perhitungan Volume.....	125
4.4.1.3.1. Perhitungan Volume <i>Slurry</i>	125
4.4.1.3.2. Perhitungan Volume <i>Spacer</i>	128
4.4.1.3.3. Perhitungan Volume <i>Displacement Fluids</i>	128
4.4.2. Perencanaan <i>Displacement Process</i>	129
4.4.2.1. Perhitungan Laju Alir Pemompaan	129
4.4.2.1.1. Laju Alir Pemompaan <i>Spacer</i>	129
4.4.2.1.2. Laju Alir Pemompaan <i>Slurry</i>	129
4.4.2.1.3. Laju Alir Pemompaan <i>Displacement</i> <i>Fluids</i>	131
4.4.2.2. Perhitungan Tekanan Pemompaan	131
4.4.2.2.1. Perhitungan Tekanan Pemompaan Maksimum di Permukaan	131
4.4.2.2.2. Perhitungan Tekanan Pemompaan <i>Slurry</i> ..	132
4.4.2.3. Perhitungan <i>Placement Duration</i>	136
BAB V. PEMBAHASAN	138
BAB VI. KESIMPULAN	146
6.1. Kesimpulan	146
6.2. Saran.....	147
DAFTAR PUSTAKA	148

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1. <i>Flowchart</i> Perencanaan <i>Primary Cementing</i> Sumur ES-17.....	4
Gambar 2.1. Peta Lokasi Daerah Panas Bumi Soeji	5
Gambar 2.2. Peta Geologi Daerah Panas Bumi Soeji	7
Gambar 2.3. Manifestasi Lapangan Panas Bumi Soeji	9
Gambar 2.4. Diagram <i>Trilinear</i> SO ₄ – Cl – HCO ₃	10
Gambar 2.5. Diagram <i>Trilinear</i> Na-K-Mg	12
Gambar 2.6. Hasil 3D <i>Inversion</i> Dari Data <i>Magnetotelluric</i> Pada <i>Line 1</i>	13
Gambar 2.7. Hasil 3D <i>Inversion</i> Dari Data <i>Magnetotelluric</i> Pada <i>Line 2</i>	13
Gambar 2.9. Model Lapangan Panas Bumi Soeji	15
Gambar 3.1. Proses Penyemenan Sumur Pada <i>Primary Cementing</i>	18
Gambar 3.2. Interpretasi CBL-VDL Menunjukkan <i>Free Pipe</i> dan <i>Channeling</i> ...	19
Gambar 3.3. Efek Penambahan NaCl Pada <i>Thickening Time</i>	25
Gambar 3.4. Efek Penambahan <i>Sodium Chloride</i> Pada <i>Compressive Strength</i>	32
Gambar 3.5. Efek Penambahan <i>Phosponate</i> Pada <i>Thickening Time</i> Semen G	32
Gambar 3.6. Tipikal Penambahan Konsentrasi CMHEC Untuk Menambah 3-4 Jam <i>Thickening Time</i>	33
Gambar 3.7. Efek Penambahan <i>Bentonite</i> Pada <i>Compressive Strength</i>	34
Gambar 3.8. Densitas <i>Slurry</i> Vs Penambahan <i>Weighting Agents</i>	35
Gambar 3.9. <i>Top Job Cementing</i>	37
Gambar 3.10. <i>Single Stage Cementing Operation</i>	38
Gambar 3.11. <i>Float Collar, Guide/Float Shoe, Casing Centralizer</i>	39
Gambar 3.12. <i>Cementing Head</i>	39
Gambar 3.13. (A) <i>Bottom Plug – Hollow</i> , (B) <i>Top Plug – Solid</i>	40

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 3.14. <i>Two-Stage Cementing Operation</i>	41
Gambar 3.15. <i>Two-Stage Cementing Accessories</i>	42
Gambar 3.16. <i>Inner String Cementing Operation</i>	43
Gambar 3.17. <i>Stab-In Collar And Adapter Assembly</i>	44
Gambar 3.18. <i>Reverse Cementing</i>	45
Gambar 3.19. <i>Conventional Vs. Reverse Circulation Ecads</i>	46
Gambar 3.20. <i>Peralatan Penyemenan Primary Cementing</i>	47
Gambar 3.21. <i>Cementing Unit</i>	48
Gambar 3.22. <i>Cementing Head</i>	49
Gambar 3.23. <i>Non-Welded Centralizer</i>	50
Gambar 3.24. <i>Rotation Type Wall dan Reciprecasing Type Scratcher</i>	50
Gambar 3.25. <i>Guide Shoe dan Float Shoe</i>	51
Gambar 3.26. <i>Guide Collar dan Float Collar</i>	52
Gambar 3.27. <i>Bottom Plug Dan Top Plug</i>	53
Gambar 3.28. <i>Plug Flow</i>	54
Gambar 3.29. <i>Laminar Flow</i>	54
Gambar 3.30. <i>Turbulen Flow</i>	55
Gambar 3.31. Hubungan <i>Shear Rate</i> dengan <i>Shear Stress</i> Pada Fluida Newtonian	56
Gambar 3.32. Hubungan <i>Friction Pressure Gradient</i> dengan Laju Pada Fluida Newtonian	56
Gambar 3.33. Hubungan <i>Shear Rate</i> dengan <i>Shear Stress</i> Pada Fluida <i>Bingham Plastic</i>	57

DAFTAR GAMBAR

(Lanjutan)

	Halaman
Gambar 3.34. Hubungan <i>Friction Pressure Gradient</i> dengan Laju Pada Fluida <i>Bingham Plastic</i>	57
Gambar 3.35. Hubungan <i>Shear Rate</i> dengan <i>Shear Stress</i> Pada Fluida <i>Power Law</i>	58
Gambar 3.36. Hubungan <i>Friction Pressure Gradient</i> dengan Laju Pada Fluida <i>Power Law</i>	58
Gambar 3.37. <i>Matrix Stress Coefficients Of Matthews And Kelly</i>	61
Gambar 4.1. Rencana Pemboran Sumur ES-17 Pada Section <i>Magnetotelluric</i>	69
Gambar 4.2. Hasil PT <i>Survey</i> Sumur Terdekat	71
Gambar 4.3. Perencanaan <i>Well Trajectory</i> Sumur ES-17	72
Gambar 4.4. Rencana Penyemenan <i>Trayek Conductor 30"</i>	74
Gambar 4.5. Penentuan <i>Compressive Strength Cement</i>	76
Gambar 4.6. Penentuan Harga <i>Shear Bond Strentgth</i>	76
Gambar 4.7. Penentuan Konsentrasi Penambahan FLCA	77
Gambar 4.8. <i>Variation of Slurry Thickening time with WCR and Density</i>	79
Gambar 4.9. Konsentrasi Penambahan NaCl	79
Gambar 4.10. Penentuan <i>Plastic viscocity and Yield Point</i>	81
Gambar 4.11. Rencana Penyemenan <i>Trayek Intermediete 20"</i>	92
Gambar 4.12. <i>Compressive strength Vs Conditioning Time For Several SSA-1 Concentration</i>	94
Gambar 4.13. Penentuan Konsentrasi Penambahan Retarder	99
Gambar 4.14. Rencana Penyemenan <i>Trayek Produksi 13 3/8"</i>	116
Gambar 4.15. <i>Matrix Stress Coefficients Of Matthews And Kelly</i>	123

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II-1. Hasil Analisa Kimia Air Panas Regional Lapangan Soeji	11
Tabel III-1. Karakteristik Komponen Pembentuk Semen	20
Tabel III-2. <i>API Cement Properties</i>	20
Tabel III-3. <i>API Cement Composition</i>	21
Tabel III-4. <i>API/ISO Cement Slurry Specification</i>	22
Tabel III-5. <i>Compressive Strength</i> Semen Berdasarkan API	23
Tabel III-6. Kandungan Air Normal Dalam Suspensi Semen	24
Tabel III-7. Pengaruh Aditif Pada Suspensi Semen	30
Tabel III-8. Air yang Dibutuhkan dan Densitas yang Didapat Menurut API	31
Tabel III-9. Efek Penambahan <i>Calcium Chloride</i> Pada Performa <i>Cement Portland</i>	31
Tabel III-10. Efek Penambahan <i>Bentonite</i> Pada <i>Properties Cement Slurry</i>	33
Tabel III-11. Sifat Fisik <i>Weighting Agents</i>	35
Tabel IV-1. Estimasi Stratigrafi Yang Akan Ditembus Sumur ES-17	70
Tabel IV-2. Estimasi Alterasi Batuan Yang Akan Ditembus Sumur ES-17	70
Tabel IV-3. Perkiraan <i>Loss Circulation</i> Yang Akan Ditembus Sumur ES-17	73
Tabel IV-4. <i>Well Data</i> Perencanaan Penyemenan Trayek <i>Conductor</i>	74
Tabel IV-5. Data Spesifikasi Komposisi dan Aditif Yang Digunakan Pada Trayek <i>Conductor</i>	78
Tabel IV-6. Hasil Perencanaan Komposisi Semen Trayek <i>Conductor</i>	80
Tabel IV-7. Sifat Fisik <i>Slurry</i> Trayek <i>Conductor</i>	81
Tabel IV-8. Hasil Perencanaan Komposisi <i>Spacer</i> Trayek <i>Conductor</i>	82
Tabel IV-9. Hasil Perhitungan Densitas <i>Spacer</i> Trayek <i>Conductor</i>	84
Tabel IV-10. Hasil Perhitungan Kebutuhan Additive Untuk <i>Slurry</i> Trayek <i>Conductor</i>	86
Tabel IV-11. Kebutuhan Additive Untuk <i>Spacer</i> Trayek <i>Conductor</i>	87
Tabel IV-12. <i>Well Data</i> Perencanaan Penyemenan Trayek <i>Intermediete</i>	93

DAFTAR TABEL

(Lanjutan)

	Halaman
Tabel IV-13. Data Spesifikasi Komposisi dan Aditif Yang Digunakan Pada Trayek <i>Conductor</i>	96
Tabel IV-14. Hasil Perencanaan Komposisi Semen Trayek <i>Intermediete</i>	100
Tabel IV-15. Sifat Fisik <i>Slurry</i> Trayek <i>Intermediete</i>	100
Tabel IV-16. Hasil Perencanaan Komposisi <i>Spacer</i> Trayek <i>Intermediete</i>	101
Tabel IV-17. Hasil Perhitungan Densitas dan <i>Yield Slurry</i> Trayek <i>Intermediete</i>	102
Tabel IV-18. Hasil Perhitungan Densitas <i>Spacer</i> dan <i>Displacement Fluids</i> Trayek <i>Intermediete</i>	103
Tabel IV-19. Hasil Perhitungan Kebutuhan Additive Untuk Trayek <i>Intermediete</i>	105
Tabel IV-20. Kebutuhan Additive Untuk <i>Spacer</i> Trayek <i>Intermediete</i>	106
Tabel IV-21. Hasil Perhitungan Q <i>Slurry</i> Trayek <i>Intermediete</i>	108
Tabel IV-22. <i>Well Data</i> Perencanaan Penyemenan Trayek Produksi.....	117
Tabel IV-23. Hasil Perencanaan Komposisi Semen Trayek Produksi.....	120
Tabel IV-24. Sifat Fisik <i>Slurry</i> Trayek Produksi.....	120
Tabel IV-25. Hasil Perencanaan Komposisi <i>Spacer</i> Trayek Produksi	121
Tabel IV-26. Hasil Perhitungan Densitas dan <i>Yield Slurry</i> Trayek Produksi	121
Tabel IV-27. Hasil Perhitungan Densitas <i>Spacer</i> dan <i>Displacement Fluids</i> Trayek Produksi	125
Tabel IV-28. Hasil Perhitungan Kebutuhan Additive Untuk <i>Slurry</i> Trayek Produksi	128
Tabel IV-29. Kebutuhan Additive Untuk <i>Spacer</i> Trayek Produksi.....	128
Tabel IV-30. Hasil Perhitungan Q <i>Slurry</i> Trayek Produksi.....	130