



## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL   | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN  | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN  | iii  |
| NASKAH SOAL TUGAS AKHIR                                       | iv   |
| HALAMAN PERSEMBAHAN   | v    |
| INTISARI  | vi   |
| KATA PENGANTAR  | vii  |
| DAFTAR ISI  | ix   |
| DAFTAR GAMBAR   | xv   |
| DAFTAR TABEL  | xvi  |
| DAFTAR LAMPIRAN   | xvii |
| DAFTAR NOTASI   | xix  |
| <br>  |      |
| BAB I PENDAHULUAN   |      |
| 1.1. Latar Belakang   | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah  | 2    |
| 1.3. Asumsi dan Batasan Masalah                               | 3    |
| 1.4. Tujuan Perancangan                                       | 3    |
| 1.5. Manfaat Perancangan                                      | 4    |
| <br>  |      |
| BAB II SIKLUS UAP RANKINE DAN SISTEM <i>FEEDWATER HEATING</i> |      |
| 2.1. Siklus Uap Rankine                                       | 5    |
| 2.2. Modifikasi Siklus Rankine Ideal                          | 7    |
| 2.3. Siklus Rankine Ideal dengan Regenerasi                   | 7    |
| 2.4. Sistem <i>Feedwater Heating</i>                          | 8    |
| 2.4.1. Jenis-jenis <i>Feedwater Heater</i>                    | 8    |



|   |    |
|---|----|
| 2.4.2. Pemilihan Sistem <i>Feedwater Heating</i>  | 9  |
| 2.4.3. Penempatan <i>Feedwater Heater</i>   | 10 |
| 2.4.4. Sistem <i>Feedwater Heating</i> di PLTU Suralaya   | 11 |
| <br>  |    |
| BAB III PERANCANGAN TERMAL  |    |
| 3.1. Dasar Perancangan Termal   | 15 |
| 3.2. Langkah-langkah Perancangan Termal <i>Feedwater Heater</i>   | 18 |
| 3.3. Perhitungan Termal   | 21 |
| 3.3.1. Perhitungan termal <i>HP Heater 6</i>  | 21 |
| 3.3.1.1 Keseimbangan laju perpindahan kalor   | 21 |
| 3.3.1.1.1. Keseimbangan kalor keseluruhan   | 21 |
| 3.3.1.1.2. Keseimbangan kalor tiap zona perpindahan kalor   | 23 |
| 3.3.1.1.3. Menghitung temperatur <i>feedwater</i> $T_7$ dan $T_6$   | 27 |
| 3.3.1.2. <i>LMTD</i> dan Faktor Koreksi <i>LMTD</i> pada Perhitungan Termal<br><i>HP Heater 6</i>           | 30 |
| 3.3.1.3. Menentukan jumlah <i>U tube</i> perkiraan awal pada <i>HP Heater 6</i>                             | 32 |
| 3.3.1.4. Menghitung koefisien perpindahan kalor <i>HP Heater 6</i>  | 35 |
| 3.3.1.4.1. Zona <i>Desuperheating</i>   | 35 |
| 3.3.1.4.2. Zona kondensasi  | 45 |
| 3.3.1.4.3. Zona <i>Subcooling</i>   | 52 |
| 3.3.1.5. Menentukan luasan penukar kalor dan panjang <i>tube</i> yang diperlukan<br>pada <i>HP Heater 6</i> | 58 |
| 3.3.1.5.1. Zona <i>Desuperheating</i>   | 58 |
| 3.3.1.5.2. Zona Kondensasi  | 60 |
| 3.3.1.5.3. Zona <i>Subcooling</i>   | 62 |
| 3.3.2. Perhitungan termal <i>LP Heater 1, 2, 3, dan 4</i><br>serta <i>HP Heater 7 dan 8</i>                 | 64 |



#### BAB IV *PRESSURE DROP*

|   |    |
|---|----|
| 4.1. <i>Pressure drop</i> pada <i>HP Heater</i> 6                                       | 65 |
| 4.1.1. <i>Zona desuperheating</i>   | 65 |
| 4.1.2. <i>Zona kondensasi</i>   | 68 |
| 4.1.3. <i>Zona subcooling</i>   | 71 |
| 4.1.4. <i>Pressure drop</i> total pada <i>HP Heater</i> 6                               | 73 |
| 4.1.4.1. <i>Pressure drop</i> sisi <i>tube</i>  | 73 |
| 4.1.4.2. <i>Pressure drop</i> sisi <i>shell</i>   | 74 |
| 4.2. <i>Pressure drop</i> pada <i>LP Heater</i> 1, 2, 3, 4 dan <i>HP Heater</i> 7 dan 8 | 74 |

#### BAB V DASAR-DASAR PERANCANGAN MEKANIKAL

|  |    |
|--|----|
| 5.1. Pemilihan Material                | 76 |
| 5.2. Beban Desain                      | 77 |
| 5.2.1. Tekanan desain                  | 78 |
| 5.2.2. Temperatur desain               | 79 |
| 5.2.3. Beban mati                      | 79 |
| 5.2.4. Beban perpipaan                 | 79 |
| 5.3. Antisipasi Desain terhadap Korosi | 80 |
| 5.4. Hasil Perancangan Termal          | 80 |

#### BAB VI *TUBE, TUBESHEET, DAN NOZZLE*

|  |    |
|--|----|
| 6.1. <i>Tube</i>   | 82 |
| 6.1.1. Tinjauan kekuatan <i>tube HP Heater</i> 6   | 82 |
| 6.1.1.1. Tebal <i>tube</i> yang diperlukan ditinjau berdasarkan tekanan internal   | 82 |
| 6.1.1.2. Tinjauan tebal <i>tube</i> terhadap tekanan eksternal   | 83 |
| 6.1.2. Tinjauan kekuatan <i>tube LP Heater</i> 1, 2, 3, 4 dan <i>HP Heater</i> 7 dan 8   | 85 |
| 6.2. Perancangan <i>Tubesheet</i>  | 86 |
| 6.2.1. Perancangan <i>tubesheet HP Heater</i> 6  | 86 |
| 6.2.1.1. Beban tekanan yang bekerja pada <i>tubesheet</i>  | 86 |
| 6.2.1.2. Tebal <i>tubesheet</i> yang diperlukan akibat beban bending karena adanya tekanan dari sisi <i>shell</i> dan sisi <i>tube</i> | 87 |



|   |     |
|---|-----|
| 6.2.1.3. Tebal <i>tubesheet</i> yang diperlukan akibat beban geser  | 92  |
| 6.2.1.4. Tebal <i>tubesheet</i> yang diperlukan dan tebal <i>tubesheet</i> nominal                                      | 93  |
| 6.2.2. Perancangan <i>tubesheet LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4<br>serta <i>HP Heater</i> 7 dan 8                          | 94  |
| 6. 3. <i>Nozzle</i>   |     |
| 6.3.1. Perancangan <i>nozzle HP Heater</i> 6  | 95  |
| 6.3.2. Perancangan <i>nozzle LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta <i>HP Heater</i> 7 dan 8                                | 104 |
| <br><b>BAB VII HEAD, CHANNEL, PASS PARTITION PLATE, DAN MANWAY</b>  |     |
| 7.1. <i>Head</i>  | 105 |
| 7.1.1. Perancangan <i>head HP Heater</i> 6  | 105 |
| 7.1.2. Perancangan <i>head LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta <i>HP Heater</i> 7 dan 8                                  | 107 |
| 7.2. <i>Channel</i>   | 107 |
| 7.2.1. Perancangan <i>channel HP Heater</i> 6   | 107 |
| 7.2.2. Perancangan <i>head LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta <i>HP Heater</i> 7 dan 8                                  | 109 |
| 7.3. <i>Pass Partition Plate</i>  | 109 |
| 7.3.1. Perancangan <i>pass partition plate HP Heater</i> 6  | 109 |
| 7.3.2. Peancangan <i>pass partition plate LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta<br><i>HP Heater</i> 7 dan 8                | 111 |
| 7.4. Perancangan <i>Manway</i>  | 111 |
| 7.4.1. <i>Nozzle manway HP Heater</i> 6   | 111 |
| 7.4.2. Perancangan <i>nozzle manway LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta<br><i>HP Heater</i> 7 dan 8                      | 113 |
| 7.5. <i>Cover Manway</i>  | 113 |
| 7.5.1. Perancangan <i>cover manway HP Heater</i> 6  | 114 |
| 7.5.2. Perancangan <i>cover manway LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta<br><i>HP Heater</i> 7 dan 8                       | 116 |
| 7.6. Kebutuhan Baut <i>Cover Manway</i>   | 117 |
| 7.6.1. Perhitungan kebutuhan baut <i>cover manway HP Heater</i> 6   | 117 |
| 7.6.2. Perhitungan kebutuhan baut <i>cover manway</i><br><i>LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4 serta <i>HP Heater</i> 7 dan 8 | 118 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>BAB VIII PERHITUNGAN BERAT KOSONG <i>FEEDWATER HEATER</i></b>                         |     |
| 8.1. Perhitungan berat kosong <i>HP Heater 6</i>   | 119 |
| 8.1.1. <i>Shell</i>  | 119 |
| 8.1.2. <i>Head</i>   | 121 |
| 8.1.3. <i>Channel</i>  | 122 |
| 8.1.4. <i>Tube bundle</i>  | 123 |
| 8.1.5. <i>Tubesheet</i>  | 124 |
| 8.1.6. <i>Baffle</i>   | 125 |
| 8.1.7. <i>Tie Rod</i>  | 127 |
| 8.1.8. Instrumen, tangga, pipa pemadam api, dan lain-lain                                | 128 |
| 8.1.9. Berat <i>piping</i>   | 128 |
| 8.1.10. Berat isolasi  | 128 |
| 8.1.11. <i>Desuperheating shroud</i>   | 128 |
| 8.1.12. <i>Subcooling wrapper</i>  | 130 |
| 8.1.13. <i>Nozzle</i>  | 130 |
| 8.2. Perhitugan berat <i>LP Heater 1, 2, 3, dan 4</i> serta <i>HP Heater 7 dan 8</i>     | 133 |
| <br><b>BAB IX <i>SHELL DAN SADDLE</i></b>  |     |
| 9.1. Perancangan <i>Shell</i>  | 134 |
| 9.1.1. Perancangan <i>shell HP Heater 6</i>  | 135 |
| 9.1.2. Perancangan <i>shell LP Heater 1, 2, 3, dan 4</i> serta <i>HP Heater 7 dan 8</i>  | 138 |
| 9.2. Perancangan <i>Saddle</i>   | 139 |
| 9.2.1. Perancangan <i>saddle HP Heater 6</i>   | 140 |
| 9.2.1.1. Tegangan bending longitudinal   | 140 |
| 9.2.1.2. Tegangan geser tangensial   | 142 |
| 9.2.1.3. Tegangan keliling   | 142 |
| 9.2.1.4. Tegangan akibat beban horizontal  | 144 |
| 9.2.2. Perancangan <i>saddle LP Heater 1, 2, 3, dan 4</i> serta <i>HP Heater 7 dan 8</i> | 145 |



|  |     |
|--|-----|
| <b>BAB X ISOLASI</b>   |     |
| 10.1. Perancangan isolasi <i>HP Heater</i> 6   | 146 |
| 10.2. Perancangan isolasi <i>LP Heater</i> 1, 2, 3, dan 4<br>serta <i>HP Heater</i> 7 dan 8                        | 150 |
| <b>BAB XI PERLENGKAPAN, PENGOPERASIAN, DAN PERAWATAN</b>   |     |
| 11.1. Alat Perlengkapan <i>Feedwater Heater</i>  | 151 |
| 11.2. Pengoperasian <i>Feedwater Heater</i>  | 152 |
| 11.2.1. Pengoperasian dari keadaan dingin  | 152 |
| 11.2.2. Melepaskan <i>feedwater heater</i> dari sistem untuk keperluan inspeksi<br>dan perbaikan                   | 152 |
| 11.2.3. Mengembalikan <i>feedwater heater</i> ke kondisi operasi<br>setelah inspeksi, perawatan, ataupun perbaikan | 153 |
| 11.3. Perawatan <i>Feedwater Heater</i>  | 154 |
| 11.3.1. Pemeliharaan rutin ( <i>Routine Maintenance</i> )  | 154 |
| 11.3.2. Prosedur <i>overhaul</i>   | 155 |
| 11.3.3. <i>Fouling</i>   | 155 |
| 11.3.3.1. Jenis-jenis <i>fouling</i>   | 156 |
| 11.3.3.2. Pengontrolan <i>fouling</i>  | 156 |
| <b>BAB XII PENUTUP</b>   | 158 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>  | 162 |
| <b>LAMPIRAN</b>  |     |