

## DAFTAR ISI

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Halaman Judul .....         | i   |
| Lembar Nomor Persoalan..... | ii  |
| Lembar Pengesahan .....     | iii |
| Pernyataan .....            | iv  |
| <i>Motto</i> .....          | v   |
| Persembahan.....            | vi  |
| Kata Pengantar.....         | vii |
| <i>Abstract</i> .....       | ix  |
| Intisari .....              | x   |
| Daftar Isi.....             | xi  |
| Daftar Gambar .....         | xiv |
| Daftar Tabel.....           | xv  |
| Daftar Lampiran.....        | xvi |

## BAB I PENDAHULUAN

|  |   |
|--|---|
| 1.1. Pendahuluan.....                          | 1 |
| 1.2. Tujuan Penulisan Tugas Akhir.....         | 2 |
| 1.3. Ruang Lingkup dan Pembatasan Masalah..... | 2 |
| 1.4. Metode Pengumpulan Data.....              | 3 |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....               | 3 |

## BAB II DASAR TEORI

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Ketel Uap Pipa Air ( <i>Water Tube Boiler</i> ).....            | 5  |
| 2.1.1. Klasifikasi Ketel Uap Pipa Air Berdasarkan Susunan Pipa ..... | 6  |
| 2.1.2. Bagian-Bagian Ketel Uap Pipa Air .....                        | 8  |
| 2.1.3. Sirkulasi Air pada Ketel Uap Pipa Air .....                   | 12 |
| 2.1.4. Standar Kualitas Air pada Ketel Uap Pipa Air .....            | 13 |
| 2.2. Kerak .....   | 14 |
| 2.2.1. Faktor Pembentuk Kerak .....                                  | 14 |

|   |    |
|---|----|
| 2.2.2. Mekanisme Terbentuknya Kerak .....         | 15 |
| 2.3. <i>Overheating</i> .....                     | 16 |
| 2.3.1. Lokasi <i>Overheating</i> .....            | 17 |
| 2.3.2. Identifikasi <i>Overheating</i> .....      | 17 |
| 2.3.3. Pengendalian <i>Overheating</i> .....      | 18 |
| 2.4. Teori Tegangan pada Pipa <i>Boiler</i> ..... | 19 |
| 2.4.1. Tegangan Thermal pada Pipa .....           | 19 |
| 2.4.2. Tegangan Geser Maksimum pada Pipa .....    | 22 |

### **BAB III METODE ANALISA**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Diagram Alir Analisa .....                    | 23 |
| 3.2. Data Ketel Uap ( <i>Boiler</i> ).....         | 24 |
| 3.3. Data Material <i>Waterwall Tubes</i> .....    | 25 |
| 3.4. <i>Hardness</i> (Kesadahan).....              | 26 |
| 3.4.1. Pengujian <i>Hardness</i> (Kesadahan) ..... | 26 |
| 3.4.2. Perhitungan Nilai <i>Hardness</i> .....     | 27 |
| 3.5. Hipotesa Kegagalan.....                       | 28 |
| 3.5.1. <i>Overheating</i> .....                    | 28 |
| 3.5.2. Teori Kegagalan Tegangan.....               | 30 |
| 3.6. Rekomendasi Tindakan .....                    | 31 |

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN HASIL**

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Hasil Pengujian <i>Hardness</i> Air <i>Boiler</i> .....              | 33 |
| 4.2. Perhitungan Temperatur Dinding Pipa ( <i>waterwall tubes</i> ) ..... | 34 |
| 4.2.1. Temperatur Dinding Pipa Tanpa Kerak .....                          | 34 |
| 4.2.2. Temperatur Dinding Pipa dengan Kerak.....                          | 38 |
| 4.3. Perhitungan Tegangan Thermal .....                                   | 39 |
| 4.3.1. Tegangan Thermal Tangensial Di Dalam Pipa.....                     | 41 |
| 4.3.2. Tegangan Thermal Tangensial Di Luar Pipa.....                      | 42 |
| 4.3.3. Tegangan Thermal Radial pada Pipa .....                            | 43 |
| 4.4. Perhitungan Tegangan Geser Maksimum.....                             | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 4.5. Pembahasan Hasil .....                  | 45 |
| 4.5.1. Analisa Temperatur Dinding Pipa.....  | 45 |
| 4.5.2. Analisa Tegangan Thermal.....         | 46 |
| 4.5.3. Analisa Tegangan Geser Maksimum ..... | 47 |
| <br><b>BAB V PENUTUP</b>                     |    |
| 5.1. Kesimpulan .....                        | 48 |
| 5.2. Saran.....                              | 48 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                         | 50 |
| LAMPIRAN .....                               | 51 |