

# DAFTAR ISI

|                                                                                                                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                                                                                                                                    | ii   |
| BUKU CAPSTONE DESIGN .....                                                                                                                                                 | ii   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                                                                                                                       | iii  |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                                                                                                                       | iv   |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                                                                                                                       | v    |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                                                                                                                       | vi   |
| TIMELINE REVISI DOKUMEN .....                                                                                                                                              | vii  |
| ABSTRAK.....                                                                                                                                                               | x    |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                                              | xi   |
| KATA PENGANTAR .....                                                                                                                                                       | xii  |
| UCAPAN TERIMA KASIH .....                                                                                                                                                  | xiii |
| DAFTAR ISI.....                                                                                                                                                            | xiv  |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                                                                                                                         | xix  |
| DAFTAR TABEL.....                                                                                                                                                          | xxii |
| DAFTAR SINGKATAN .....                                                                                                                                                     | xxiv |
| BAB 1 USULAN GAGASAN .....                                                                                                                                                 | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Masalah .....                                                                                                                                           | 1    |
| 1.2 Analisis Umum .....                                                                                                                                                    | 6    |
| 1.2.1 Aspek Teknis .....                                                                                                                                                   | 6    |
| 1.2.2 Aspek Ekonomi.....                                                                                                                                                   | 6    |
| 1.2.3 Aspek Keberlanjutan.....                                                                                                                                             | 7    |
| 1.3 Solusi Produksi Hidrogen .....                                                                                                                                         | 7    |
| 1.3.1 Produksi Gas Hidrogen dari Biomassa Jerami Padi Menggunakan Metode<br><i>Biomass Electrolisis</i> untuk menghasilkan Hidrogen <i>Fuel Cell</i> Ramah Lingkungan..... | 7    |

|                                    |                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.3.2                              | Produksi Hidrogen dari Campuran Air dan Minyak Kelapa Murni (VCO) Melalui Proses Media Tembaga Menggunakan Prinsip <i>Hydrogen Reformer</i> . .... | 8  |
| 1.3.3                              | Inovasi Produksi Hidrogen Dari Limbah Kayu Menggunakan Metode Gasifikasi Dengan Kapasitas 3,300 Ton/Tahun.....                                     | 9  |
| 1.4                                | Kesimpulan dan Ringkasan CD-1 .....                                                                                                                | 9  |
| BAB 2 DESAIN KONSEP SOLUSI.....    |                                                                                                                                                    | 11 |
| 2.1                                | Dasar Penentuan Spesifikasi .....                                                                                                                  | 11 |
| 2.2                                | Spesifikasi Sistem .....                                                                                                                           | 11 |
| 2.2.1                              | Sistem Reaktor Gasifikasi.....                                                                                                                     | 11 |
| 2.2.2                              | Sistem produksi Uap .....                                                                                                                          | 11 |
| 2.2.3                              | Sumber Daya.....                                                                                                                                   | 12 |
| 2.2.4                              | Sistem Pengukuran & Kontrol .....                                                                                                                  | 12 |
| 2.3                                | Verifikasi.....                                                                                                                                    | 12 |
| 2.3.1                              | Kinerja Reaktor Gasifikasi.....                                                                                                                    | 12 |
| 2.3.2                              | Kinerja Produksi Uap.....                                                                                                                          | 13 |
| 2.3.3                              | Sumber Daya.....                                                                                                                                   | 13 |
| 2.3.4                              | Sistem Pengukuran & Kontrol .....                                                                                                                  | 13 |
| 2.4                                | Kesimpulan CD-2 .....                                                                                                                              | 13 |
| BAB 3 DESAIN RANCANGAN SOLUSI..... |                                                                                                                                                    | 15 |
| 3.1                                | Alternatif Usulan Solusi.....                                                                                                                      | 15 |
| 3.1.1                              | Ketersediaan Bahan Baku .....                                                                                                                      | 15 |
| 3.1.2                              | Pasokan Udara .....                                                                                                                                | 16 |
| 3.1.3                              | Produksi Uap.....                                                                                                                                  | 18 |
| 3.1.4                              | Sistem Pengukuran dan Kontrol .....                                                                                                                | 19 |
| 3.2                                | Analisis Pemilihan Solusi .....                                                                                                                    | 20 |
| 3.3                                | Desain Solusi Terpilih.....                                                                                                                        | 22 |
| 3.3.1                              | Perancangan Sistem .....                                                                                                                           | 22 |
| 3.3.2                              | Diagram Alir Sistem .....                                                                                                                          | 25 |

|                         |                                                   |    |
|-------------------------|---------------------------------------------------|----|
| 3.3.3                   | Diagram Proses Sistem .....                       | 26 |
| 3.3.4                   | Desain Alat.....                                  | 28 |
| 3.3.5                   | Desain Hardware.....                              | 30 |
| 3.4                     | Jadwal dan Anggaran.....                          | 39 |
| 3.4.1                   | Jadwal Pengerjaan Proyek .....                    | 39 |
| 3.4.2                   | Pembagian Tugas Pada Alat .....                   | 40 |
| 3.4.3                   | Rancangan Anggaran .....                          | 41 |
| 3.5                     | Kesimpulan CD-3 .....                             | 43 |
| BAB 4 IMPLEMENTASI..... |                                                   | 44 |
| 4.1                     | Implementasi Sistem.....                          | 44 |
| 4.1.1                   | Pemilihan Bahan.....                              | 44 |
| 4.1.1.1                 | Plat Galvanis.....                                | 44 |
| 4.1.1.2                 | Semen Tiga Roda.....                              | 45 |
| 4.1.1.3                 | <i>Fly ash</i> .....                              | 45 |
| 4.1.1.4                 | Perlit.....                                       | 46 |
| 4.1.1.5                 | Tanah liat (Clay) .....                           | 46 |
| 4.1.2                   | Alat Ukur .....                                   | 46 |
| 4.1.2.1                 | Alat Ukur Suhu .....                              | 47 |
| 4.1.2.2                 | Alat ukur Berat .....                             | 48 |
| 4.1.2.3                 | Alat ukur laju Udara .....                        | 50 |
| 4.2                     | Analisis Pengerjaan Implementasi Sistem.....      | 50 |
| 4.2.1                   | Sub Sistem Pengukuran dan Monitoring .....        | 50 |
| 4.2.1.1                 | Thermocouple Type K (Probe Panjang) .....         | 51 |
| 4.2.1.2                 | Wiring Sistem .....                               | 51 |
| 4.2.1.3                 | Kalibrasi.....                                    | 53 |
| 4.2.1.4                 | Alur Kerja .....                                  | 57 |
| 4.2.1.5                 | Kendala Lapangan dan Pemasangan Sensor Suhu ..... | 58 |

|                                                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.2 Sub Sistem Ruang Reaktor Syngas.....         | 59        |
| 4.2.2.1 Uap Air .....                              | 59        |
| 4.2.2.2 Ruang Pembakaran .....                     | 61        |
| 4.2.2.3 Blower.....                                | 63        |
| 4.2.2.4 Produksi Syngas.....                       | 64        |
| 4.2.2.5 Sistem Pendingin .....                     | 64        |
| 4.3 Prosedur Pengoperasian .....                   | 65        |
| 4.3.1 Persiapan.....                               | 65        |
| 4.3.2 Langkah-Langkah .....                        | 66        |
| 4.4 Hasil Akhir Sistem.....                        | 69        |
| 4.5 Kesimpulan dan Ringkasan CD-4.....             | 71        |
| <b>BAB 5 PENGUJIAN SISTEM .....</b>                | <b>72</b> |
| 5.1 Skema Pengujian Sistem.....                    | 72        |
| 5.2 Detail Pengujian.....                          | 73        |
| 5.2.1 Variabel Yang Diamati dan Dihitung .....     | 74        |
| 5.2.1.1 Blower (m/s) .....                         | 74        |
| 5.2.1.2 Level Laju Aliran Air (ml/Menit) .....     | 74        |
| 5.2.1.3 Suhu Pembakaran (°C) .....                 | 75        |
| 5.2.1.4 Suhu Masuk & Suhu Keluar (°C).....         | 75        |
| 5.2.1.5 Laju Kalor (W) .....                       | 75        |
| 5.2.1.6 Konsentrasi Hidrogen (PPM) .....           | 75        |
| 5.2.1.7 Volume Gas Hidrogen .....                  | 76        |
| 5.2.1.7.1 Rumus Volume Hidrogen Per Interval ..... | 76        |
| 5.2.1.7.2 Efisiensi Massa (%) .....                | 76        |
| 5.2.2 Proses Pengujian .....                       | 76        |
| 5.3 Analisis Hasil Pengujian .....                 | 78        |
| 5.3.1 Grafik Waktu Terhadap Parameter .....        | 78        |

|                     |                                                |     |
|---------------------|------------------------------------------------|-----|
| 3.5.1               | Laju Air.....                                  | 83  |
| 5.3.2               | Suhu Pembakaran VS $\Delta T$ (menit).....     | 88  |
| 5.3.3               | Suhu Pembakaran VS Kalor Terbuang.....         | 89  |
| 5.3.4               | Suhu Pembakaran VS Volume H <sub>2</sub> ..... | 91  |
| 5.3.5               | Kalor Terbuang VS $\Delta T$ (menit).....      | 92  |
| 5.3.6               | Kalor Terbuang VS PPM.....                     | 93  |
| 5.3.7               | Kalor Terbuang VS Volume H <sub>2</sub> .....  | 94  |
| 5.3.8               | Volume H <sub>2</sub> VS PPM.....              | 95  |
| 5.3.9               | Suhu Pembakaran dan Suhu Masuk.....            | 97  |
| 5.4                 | Kesimpulan CD-5.....                           | 98  |
| DAFTAR PUSTAKA..... |                                                | 99  |
| LAMPIRAN.....       |                                                | 104 |