



## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL.....  | i    |
| HALAMAN PENGESAHAN.....   | ii   |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....   | iii  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....   | iv   |
| HALAMAN MOTTO .....   | v    |
| KATA PENGANTAR .....  | vi   |
| DAFTAR ISI.....   | viii |
| DAFTAR TABEL.....   | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN.....  | xv   |
| INTISARI.....   | xvi  |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN.....  | 1    |
| I.1 Latar Belakang.....   | 1    |
| I.2 Perumusan Masalah .....   | 3    |
| I.3 Keaslian Penelitian .....   | 4    |
| I.4 Tujuan Penelitian .....   | 5    |
| I.5 Manfaat Penelitian .....  | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....  | 6    |
| II.1 Tinjauan Pustaka .....   | 6    |
| II.1.1 <i>Review</i> Perkembangan Pasar dan Industri Teknologi<br>Fotovoltaik di Dunia..... | 11   |
| II.2 Landasan Teori .....   | 16   |
| II.2.1 Prinsip Dasar Teknologi <i>Photovoltaic</i> .....                                    | 16   |
| II.2.2 Teknologi dan Manufaktur Panel Surya.....  | 18   |



|                                   |  |     |
|-----------------------------------|--|-----|
| II.2.3                            | Studi Kelayakan Tekno-Ekonomi .....  | 22  |
| II.2.4                            | Pengambilan Keputusan Multi Kriteria dengan <i>Grid Analysis</i> .....       | 26  |
| II.2.5                            | Analisis Risiko.....   | 27  |
| BAB III METODE PENELITIAN.....    |  | 29  |
| III.1                             | Bahan Penelitian.....  | 29  |
| III.2                             | Alat Penelitian .....  | 30  |
| III.3                             | Skema Penelitian .....   | 31  |
| III.4                             | Variabel Penelitian .....  | 35  |
| III.4.1                           | <i>Fixed Capital Cost (FCC)</i> .....  | 35  |
| III.4.2                           | <i>Working Capital (WC)</i> .....  | 35  |
| III.4.3                           | <i>Total Capital Investment (TCI)</i> .....                                  | 36  |
| III.4.4                           | <i>Manufacturing Cost (MC)</i> .....   | 36  |
| III.4.5                           | <i>General Expense (GE)</i> .....  | 37  |
| III.4.6                           | <i>Total Production Cost (TPC)</i> .....                                     | 38  |
| III.5                             | Analisis Penelitian.....   | 39  |
| III.5.1                           | Analisis Industri Fotovoltaik Saat Ini.....                                  | 39  |
| III.5.2                           | Identifikasi Teknologi Industri Fotovoltaik yang Layak<br>di Indonesia ..... | 40  |
| III.5.3                           | Analisis Kelayakan Finansial .....   | 41  |
| III.5.4                           | Analisis Risiko.....   | 49  |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |  | 51  |
| IV.1                              | Hasil Survei .....   | 51  |
| IV.1.1                            | Industri Manufaktur Fotovoltaik di China.....                                | 51  |
| IV.1.2                            | Industri Manufaktur Fotovoltaik di Indonesia.....                            | 88  |
| IV.2                              | Analisis Potensi Pasar Fotovoltaik Dalam Negeri.....                         | 125 |



|   |     |
|---|-----|
| IV.3 Analisis Kelayakan Teknologi.....  | 129 |
| IV.4 Analisis Kelayakan Pabrik <i>Crystalline PV Modul 300 MWp</i> .....  | 135 |
| IV.4.1 Teknologi Produksi .....   | 135 |
| IV.4.2 Hasil Analisis Kelayakan Finansial.....  | 140 |
| IV.4.3 Hasil Analisis Sensitivitas .....  | 144 |
| IV.4.4 Hasil Analisis Risiko .....  | 150 |
| IV.5 Analisis Kelayakan Kebijakan Penjamin Pasar .....  | 157 |
| IV.5.1 Kebijakan Khusus Energi Terbarukan.....  | 165 |
| IV.5.2 Pengembangan segmen pasar yang telah ada.....  | 166 |
| IV.5.3 <i>Solar Roof</i> Program, BIPV ( <i>Building Installed PV</i> ),<br>dan BAPV ( <i>Building Attached PV</i> )..... | 168 |
| IV.5.4 Kebijakan Terkait Industri <i>Photovoltaic</i> .....   | 172 |
| IV.6 Pembahasan .....   | 174 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....   | 178 |
| V.I Kesimpulan .....  | 178 |
| V.2 Saran .....   | 181 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 183 |
| LAMPIRAN.....   | 187 |



## DAFTAR TABEL

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabel 2. 1  | Matriks Penelitian.....  | 10  |
| Tabel 2. 2  | Kinerja dari Teknologi PV Komersial.....   | 18  |
| Tabel 3. 1  | Data yang Diperlukan Sebagai Bahan Penelitian.....   | 29  |
| Tabel 3. 2  | Format Tabel <i>Risk Register</i> .....  | 49  |
| Tabel 3. 3  | Parameter <i>Risk Register</i> dalam <i>matrix score</i> .....                                       | 50  |
| Tabel 4. 1  | Kapasitas Terpasang dari Proyek <i>Golden-sun</i> pada<br>2009-2012.....                             | 53  |
| Tabel 4. 2  | <i>Feed-in Tariff</i> untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya<br>di China Sejak 1 September 2013 ..... | 55  |
| Tabel 4. 3  | Instalasi Kumulatif PV-Power di Lima Sub-Pasar China .....   | 61  |
| Tabel 4. 4  | Produksi Tahunan 10 Besar Produsen <i>Polysilicon</i> China .....                                    | 65  |
| Tabel 4. 5  | Kapasitas Produksi Tahun 2012 Sepuluh Besar Produsen<br><i>Wafer</i> China.....                      | 69  |
| Tabel 4. 6  | Sepuluh Besar Produsen Sel Surya di China pada<br>Tahun 2012.....                                    | 77  |
| Tabel 4. 7  | Sepuluh Besar Produsen Panel Surya di China pada<br>Tahun 2012.....                                  | 78  |
| Tabel 4. 8  | Rincian Peralatan Manufaktur dalam Satu Line Produksi<br>di Pabrik Panel Surya Dahai New Energy..... | 79  |
| Tabel 4. 9  | Total Pengadaan PLTS Berdasarkan Instansi di Indonesia<br>Pada Tahun 2005 – 2011 .....               | 100 |
| Tabel 4. 10 | Potensi dan Kapasitas Terpasang dari EBT tahun 2013.....   | 101 |
| Tabel 4. 11 | Pabrikasi Panel Surya Indonesia .....  | 106 |
| Tabel 4. 12 | Kapasitas Produksi dan Nilai Investasi Anggota APAMSI .....  | 107 |
| Tabel 4. 13 | Nilai Pengadaan PLTS (APBN) Kementerian ESDM.....  | 115 |
| Tabel 4. 14 | Harga Modul Surya PT. LEN.....   | 116 |
| Tabel 4. 15 | Kajian Investasi Untuk Beberapa Jenis Pabrik Oleh PT. LEN ...  | 117 |
| Tabel 4. 16 | Kajian Investasi PT.LEN untuk Pabrik Panel Surya<br>Berkapasitas 60 MW .....                         | 118 |



|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tabel 4. 17 | Data Instalasi Kumulatif Per Sektor Pada Tahun<br>2010 – 2025 Oleh METI.....                    | 126 |
| Tabel 4. 18 | Asumsi Instalasi Kumulatif Listrik Tenaga Surya 2015 – 2050<br>Berdasarkan KEN 2010 – 2050..... | 127 |
| Tabel 4. 19 | Ringkasan Industri Manufaktur PV yang di Survei .....   | 130 |
| Tabel 4. 20 | Grid Analisis Untuk Pemilihan Jenis Pabrik .....  | 132 |
| Tabel 4. 21 | <i>Flow Process Chart</i> Pabrik Panel Surya .....  | 136 |
| Tabel 4. 22 | Asumsi Analisis Finansial – Skenario Awal .....   | 140 |
| Tabel 4. 23 | Hasil Analisis Finansial Skenario Awal .....  | 143 |
| Tabel 4. 24 | Hasil Analisis Finansial Skenario Pertama.....  | 145 |
| Tabel 4. 25 | Hasil Analisis Finansial Skenario Kedua .....   | 147 |
| Tabel 4. 26 | Hasil Analisis Finansial Skenario Ketiga.....   | 149 |
| Tabel 4. 27 | Analisis Risiko Pendirian Pabrik Panel Surya.....   | 152 |
| Tabel 4. 28 | Potensi Pasar Dunia 2030 dan 2050 dengan Skenario<br>hi-Ren oleh IEA.....                       | 156 |
| Tabel 4. 29 | Perbandingan Kebijakan Terkait Fotovoltaik di China dan<br>Indonesia.....                       | 161 |
| Tabel 4. 30 | Potensi Pemasangan Panel Surya di Bangunan Berdasarkan<br>Statistik PLN 2013 .....              | 171 |



## DAFTAR GAMBAR

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 2. 1  | Susunan Sel Surya dari Sel Tunggal Sampai <i>Array</i> .....   | 16 |
| Gambar 2. 2  | Prinsip Dasar Teknologi <i>Photovoltaic</i> .....  | 17 |
| Gambar 2. 3  | Proses Manufaktur c-Si Sel .....   | 20 |
| Gambar 2. 4  | Kegiatan Teknologi yang Berorientasi Ekonomis.....   | 24 |
| Gambar 3. 1  | Alur Penelitian.....   | 34 |
| Gambar 4. 1  | Instalasi PV Tahunan dan Kebijakan Pasar di China .....  | 52 |
| Gambar 4. 2  | Pengukuran dari dukungan Pengembangan Pemanfaatan PV di<br>China Tahun 2009 .....                          | 59 |
| Gambar 4. 3  | Kapasitas Manufaktur dalam Rantai Industri PV di China .....   | 63 |
| Gambar 4. 4  | Rantai Produksi Produsen PV di China.....  | 64 |
| Gambar 4. 5  | Produksi <i>Polysilicon</i> China dari 2007 – 2012 .....   | 65 |
| Gambar 4. 6  | Tampak Depan Area Pabrik <i>Polysilicon</i> Jiangsu Zhongneng .....  | 67 |
| Gambar 4. 7  | Hasil Produksi <i>Polysilicon</i> di Jiangsu Zhongneng .....   | 68 |
| Gambar 4. 8  | Bahan Baku <i>Polysilicon</i> yang Siap Untuk Diolah di Dahai New<br>Energy.....                           | 70 |
| Gambar 4. 9  | Tungku Pembuatan <i>Monocrystalline Ingots</i> .....   | 72 |
| Gambar 4. 10 | Tungku Pengolahan <i>Polycrystalline Ingots</i> .....  | 73 |
| Gambar 4. 11 | Proses Pengolahan <i>Polysilicon</i> Menjadi <i>Ingot</i> dan <i>Wafer</i> .....                           | 73 |
| Gambar 4. 12 | Mesin <i>Ingot Slicing</i> .....   | 74 |
| Gambar 4. 13 | Area Seleksi, Pencucian, <i>Quality Control</i> , dan <i>Packaging</i><br>di Pabrik Dahai New Energy ..... | 74 |
| Gambar 4. 14 | Produksi Sel Surya Dunia dan China pada 2008 – 2012<br>dalam Ton .....                                     | 76 |
| Gambar 4. 15 | Area Produksi Panel Surya di Dahai New Energy .....  | 78 |
| Gambar 4. 16 | Bagan Alir Produksi Panel Surya .....  | 80 |
| Gambar 4. 17 | Harga Panel Surya China pada 2007 – 2012 .....   | 81 |
| Gambar 4. 18 | Perkembangan Kebijakan Energi Indonesia.....   | 88 |
| Gambar 4. 19 | Perbandingan Elastisitas Pemakaian Energi pada Tahun 1998 –<br>2003 .....                                  | 91 |



|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4. 20 Sasaran Bauran Energi Primer Nasional 2025 .....                                    | 92  |
| Gambar 4. 21 Perbandingan Fokus Kebijakan Energi Nasional<br>(1981 – sekarang) .....             | 93  |
| Gambar 4. 22 Sasaran Bauran Energi dalam Draft KEN 2014.....                                     | 94  |
| Gambar 4. 23 Rasio Elektrifikasi Nasional Tahun 2013.....  | 98  |
| Gambar 4. 24 Milestone industri PV dalam BP-PEN 2005 – 2025 .....                                | 99  |
| Gambar 4. 25 Sebaran Rencana Pembangunan PLTS Pulau Terluar<br>dan Kawasan Perbatasan 2014 ..... | 102 |
| Gambar 4. 26 Sebaran Lokasi Proyek IPP PLTS Fotovoltaik .....                                    | 103 |
| Gambar 4. 27 Peralatan DSS yang Diinstal PTM-BPPT .....  | 105 |
| Gambar 4. 28 <i>Milestone</i> Industri <i>Photovoltaic</i> LEN.....                              | 108 |
| Gambar 4. 29 Proses Pembuatan Panel Surya di PT. LEN .....                                       | 109 |
| Gambar 4. 30 Alur Proses Penyusunan dan Penetapan KEN dan RUEN.....                              | 119 |
| Gambar 4. 31 Biaya Manufaktur Panel Surya Jenis <i>Crystalline</i> .....                         | 142 |
| Gambar 4. 32 Potensi Pasar Panel Surya di Eropa hingga Tahun 2018.....                           | 153 |
| Gambar 4. 33 Potensi Pasar Panel Surya Dunia hingga 2018.....                                    | 155 |
| Gambar 4. 34 Beberapa Kebijakan Pendukung Pabrik Panel Surya<br>di Indonesia .....               | 158 |
| Gambar 4. 35 <i>Down Effect</i> Pabrik <i>Crystalline</i> Panel Surya 300 Wp.....                | 175 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| LAMPIRAN A – TAMPAK ATAS 1 LINE PRODUKSI .....  | 188 |
| LAMPIRAN B – TAMPAK ATAS 3 LINE PRODUKSI<br>(SATU PABRIK 300 MWp) .....   | 189 |
| LAMPIRAN C – MESIN-MESIN PRODUKSI.....  | 190 |
| LAMPIRAN D – BIAYA PEMBELIAAN ALAT DAN<br>KONSUMSI LISTRIK .....  | 195 |
| LAMPIRAN E – BIAYA BAHAN DASAR .....  | 196 |
| LAMPIRAN F – BIAYA GAJI PEKERJA .....   | 197 |
| LAMPIRAN G – <i>FIXED CAPITAL COST (FCC)</i> .....  | 198 |
| LAMPIRAN H – <i>MANUFACTURING COST (MC)</i> .....   | 199 |
| LAMPIRAN I – <i>SALES, TOTAL CAPITAL INVESTMENT (TCI), WORKING<br/>CAPITAL (WC), GENERAL EXPENSES (GE), TOTAL<br/>PRODUCTION COST(TPC), PROFIT ANALYSIS</i> ..... | 200 |
| LAMPIRAN J – <i>ANALISIS NET PRESENT VALUE (NPV)</i> .....  | 201 |
| LAMPIRAN K – <i>ANALISIS INTERNAL RATE OF RETURN (IRR)</i> .....  | 202 |