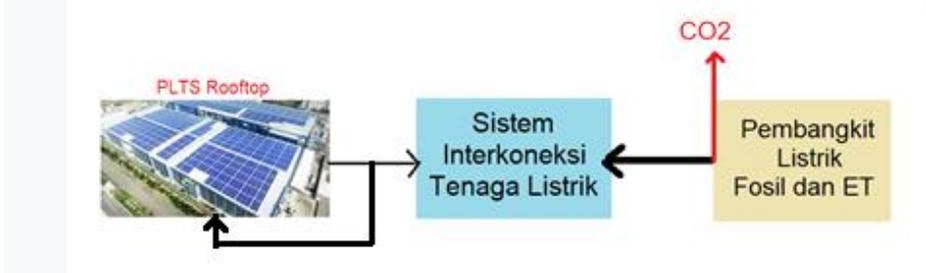
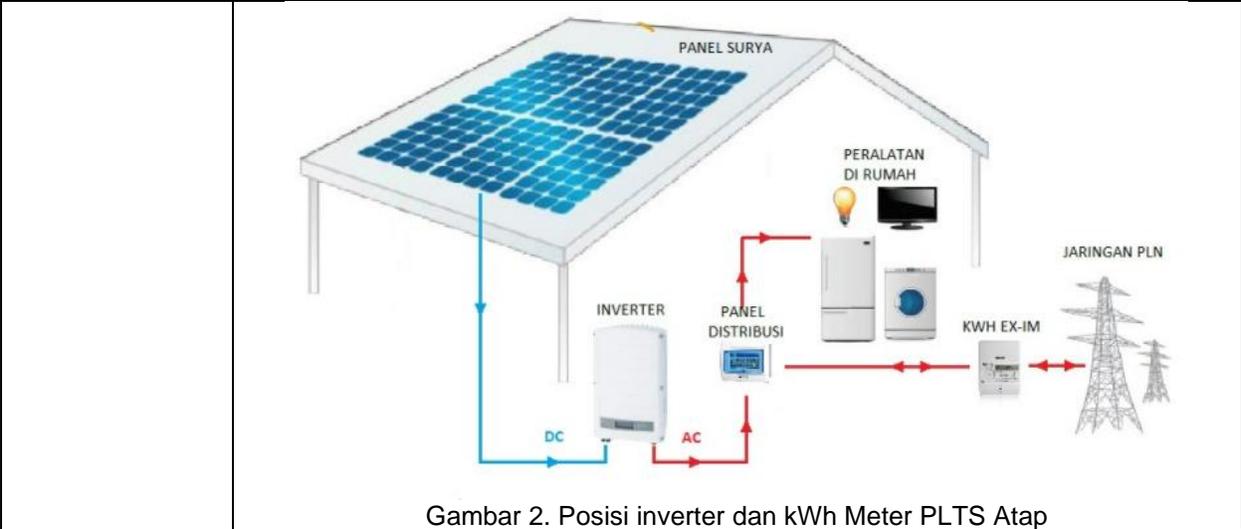


## Metodologi Penghitungan Reduksi Emisi dan/atau Peningkatan Serapan GRK dalam Kerangka Verifikasi Aksi Mitigasi

| A. Informasi Umum                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Judul Metodologi :                               | PLTS Atap yang terhubung ke sistem interkoneksi tenaga listrik ( <i>on-grid</i> ) dan/atau dikonsumsi sendiri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Referensi :                                      | CDM AMS I.D Versi 18.0, CDM-AMS I.F Versi 03.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Sektor :                                         | <b>ENERGI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Kategori :                                       | Pemanfaatan energi terbarukan [MSEP-013]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nomor & Tanggal Penetapan :                      | No. SK.34/PPI/IGAS/PPI.2/9/2021<br>Tgl. 28 September 2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| B. Aksi Mitigasi                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Deskripsi aksi mitigasi dalam metodologi :       | Aksi mitigasi ini bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) dari pembakaran energi fosil dengan membangun dan mengoperasikan pembangkit listrik tenaga surya <i>photovoltaic</i> (PLTS) Atap yang produksi listriknya disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik ( <i>on-grid</i> ) dan/atau dikonsumsi sendiri oleh bangunan tersebut.                                                                                                                                                                         |
| Kriteria kelayakan penerapan metodologi :        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. PLTS Atap beroperasi setelah tahun 2010.</li> <li>2. PLTS Atap terhubung dengan sistem interkoneksi tenaga listrik (<i>on-grid</i>).</li> <li>3. PLTS Atap memiliki alat ukur kWh meter (kWh ekspor-impor) untuk mengetahui jumlah produksi listrik neto yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik dan sisanya untuk memenuhi kebutuhan sendiri.</li> <li>4. PLTS Atap termasuk retrofit, rehabilitasi, modifikasi, dan penambahan kapasitas.</li> </ol>                    |
| Sumber dan jenis Emisi GRK yang diperhitungkan : | Sumber emisi GRK yang dihasilkan dari produksi tenaga listrik pada sistem interkoneksi tenaga listrik dalam kondisi <i>baseline</i> adalah CO <sub>2</sub> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| C. Perhitungan Emisi <i>Baseline</i>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Batas Aksi Mitigasi :                            | <p>Batas aksi mitigasi (<i>boundary</i>) mencakup lokasi kegiatan dan semua pembangkit listrik yang terkoneksi ke sistem interkoneksi tenaga listrik yang terhubung dengan pembangkit listrik PLTS Atap.</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph LR     A[PLTS Rooftop] &lt;--&gt; B[Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik]     B &lt;--&gt; C[Pembangkit Listrik Fossil dan ET]     C -- CO2 --&gt; D[CO2]             </pre> </div> |
| Gambar 1. Batas aksi mitigasi                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



Gambar 2. Posisi inverter dan kWh Meter PLTS Atap

**Deskripsi baseline :** Emisi *baseline* adalah emisi GRK yang timbul jika PLTS Atap tidak dibangun dan beroperasi. Tanpa PLTS Atap, sebuah wilayah akan mendapatkan listrik dari sistem interkoneksi tenaga listrik (*on-grid*) PLN atau non-PLN. Dengan demikian, emisi *baseline* dihitung dengan mengalikan produksi listrik neto aksi mitigasi dengan faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan.

Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan PLN adalah faktor emisi CO<sub>2</sub> *Combined Margin* untuk pembangkitan listrik di sistem interkoneksi tenaga listrik setempat yang dihitung dan dipublikasikan oleh Kementerian ESDM. Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan *Combined Margin* yang digunakan adalah nilai terendah dari faktor emisi *ex-post* dan *ex-ante*.

Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Non-PLN adalah faktor emisi CO<sub>2</sub> *Simple Operating Margin* yang dihitung berdasarkan panduan *Clean Development Mechanism: "Tool to calculate the emission factor for an electricity system"* versi terakhir.

**Cara perhitungan emisi baseline :**

**I. PLTS Atap Baru**

**I.A. Terhubung Grid PLN**

$$EB_{PLN,y} = EB_{PLN,y-eks} + EB_{PLN,y-sisa} = EB_{PLN,y-sendiri}$$

$EB_{PLN,y}$  = Emisi *baseline* pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>)

$EB_{PLN,y-eks}$  = Emisi *baseline* atas ekspor produksi listrik pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>).

$EB_{PLN,y-sisa}$  = Emisi *baseline* atas sisa produksi listrik untuk kebutuhan sendiri pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>).

$EB_{PLN,y-sendiri}$  = Emisi *baseline* atas sisa produksi listrik untuk kebutuhan sendiri pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>).

**I.A.1. Sebagian produksi listrik dipasok ke jaringan listrik PLN**

$$EB_{PLN,y-eks} = PL_{PLN,y-eks} \times FE_{PLN,y}$$

Di mana:

$EB_{y-eks}$  = Emisi *baseline* atas ekspor produksi listrik pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>).

$PL_{y-eks}$  = Jumlah produksi listrik neto yang disalurkan oleh aksi mitigasi ke sistem interkoneksi tenaga listrik PLN pada tahun y (kWh).

$FE_{PLN,y}$  = Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan PLN pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>/kWh).

a. Terdapat kWh meter dan data tersedia:

$PL_{PLN,y-eks}$  adalah produksi listrik neto yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik PLN yang jumlahnya sesuai dengan kWh meter ekspor (kWh). Sisa produksi listrik yang digunakan untuk kebutuhan sendiri dihitung sesuai point 1.A.1.b.

b. Terdapat kWh meter dan maksimum produksi listrik untuk konsumsi sendiri:

$PL_{PLN,y-maks}$  adalah maksimum produksi listrik neto yang digunakan untuk konsumsi sendiri setelah dikurangi produksi listrik neto yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik PLN (kWh).

$$EB_{PLN,y-maks} = PL_{PLN,y-sisa} \times FE_{PLN,y}$$

$$PL_{PLN,y-maks} = KAP_{PLTS,y} \times OUI \times FKP \times HOT_y \times RM_{AVG,y} \times FD_{n,i,y} \times 10^{-4} - PL_{PLN,y-eks}$$

Dimana:

$PL_{PLN,y-maks}$  = Jumlah energi listrik neto maksimum yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik setelah dikurangi ekspor ke jaringan pada tahun y (kWh).

$FE_{PLN,y}$  = Faktor emisi sistem ketenagalistrikan PLN setempat pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>/kWh)

$KAP_{PLTS,y}$  = Kapasitas PLTS Atap pada tahun y (kWp).

$OUI$  = *Own Use Inverter* (%) → *default factor* 5% ≤ 20 kWp dan 2% ≥ 20 kWp

$FKP$  = Faktor Koreksi Produksi (70%).

$HOT_y$  = Hari Operasi pada Tahun y (365 hari).

$RM_{AVG,y}$  = Nilai radiasi matahari per wilayah, jika tidak tersedia menggunakan angka rata-rata nasional sebesar 4,81 jam/hari. Radiasi matahari menggunakan angka Radiasi Matahari terbaru yang dipublikasi oleh KESDM atau lembaga terkait. Jika tidak tersedia, maka dapat menggunakan angka Radiasi Matahari sesuai Lampiran Tabel 1.

$FD_{n,i,y}$  = Faktor Derating modul fotovoltaik jenis i, tahun n, pada tahun y (fraksi). Lihat Lampiran Tabel 2.  
*Crystalline*: 0,5% pe tahun.

*Thin film*: 0,7% sd 1% (rata-rata 0,85% per tahun).

$i$  = Jenis modul fotovoltaik, *crystalline* atau *thin-film*.

$n$  = Tahun pemakaian.

c. Terdapat kWh meter tapi data tidak tersedia:

Jika produksi listrik neto sebagian disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik PLN, tetapi tidak terdapat data kWh meter ekspor-impor, maka semua produksi listrik dianggap dikonsumsi sendiri (100%), yang jumlahnya dihitung berdasarkan radiasi matahari setempat, kapasitas, dan de-efisiensi PV Atap selama *lifetime* 20 tahun.

$$EB_{y-sendiri} = PL_{y-sendiri} \times FE_{PLN,y}$$

$$PL_{y-sendiri} = KAP_{PLTS,y} \times OUI \times FKP \times HOT_y \times RM_{AVG,y} \times FD_{n,i,y} \times 10^{-4}$$

Dimana:

$PL_{y-sendiri}$  = Jumlah energi listrik neto yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik pada tahun y (kWh).

$FE_{PLN,y}$  = Faktor emisi sistem ketenagalistrikan PLN setempat pada tahun y (kg CO<sub>2</sub>/kWh)

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $KAP_{PLTS,y}$ | = Kapasitas PLTS Atap pada tahun $y$ (kWp).                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| $OUI$          | = <i>Own Use Inverter</i> (%) $\rightarrow$ default factor $5\% \leq 20$ kWp dan $2\% \geq 20$ kWp                                                                                                                                                                                                                              |
| $FKP$          | = Faktor Koreksi Produksi (70%).                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| $HOTy$         | = Hari Operasi pada Tahun $y$ (365 hari).                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| $RM_{AVG,y}$   | = Nilai radiasi matahari per wilayah, jika tidak tersedia menggunakan angka rata-rata nasional sebesar 4,81 jam/hari. Radiasi matahari menggunakan angka Radiasi Matahari terbaru yang dipublikasi oleh KESDM atau lembaga terkait. Jika tidak tersedia, maka dapat menggunakan angka Radiasi Matahari sesuai Lampiran Tabel 1. |
| $FD_{n,i,y}$   | = Faktor Derating modul fotovoltaik jenis $i$ , tahun $n$ , pada tahun $y$ (fraksi). Lihat Lampiran Tabel 2.<br><i>Crystalline</i> : 0,5% pe tahun.<br><i>Thin film</i> : 0,7% sd 1% (rata-rata 0,85% per tahun).                                                                                                               |
| $i$            | = Jenis modul fotovoltaik, <i>crystalline</i> atau <i>thin-film</i> .                                                                                                                                                                                                                                                           |
| $n$            | = Tahun pemakaian.                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

### I.A.2. Semua produksi listrik dipasok untuk memenuhi konsumsi sendiri

Jika semua produksi listrik PLTS Atap digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sendiri, maka emisi baseline dihitung sesuai formula 1.a.1.c

### I.B. Terhubung Grid Non-PLN

$$EB_{nPLN,y} = EB_{nPLN,y-eks} + EB_{nPLN,y-sisa} = EB_{nPLN,y-sendiri}$$

$EB_{nPLN,y}$  = Emisi *baseline* pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>)

$EB_{nPLN,y-eks}$  = Emisi *baseline* atas ekspor produksi listrik pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>).

$EB_{nPLN,y-sisa}$  = Emisi *baseline* atas sisa produksi listrik untuk kebutuhan sendiri pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>).

$EB_{nPLN,y-sendiri}$  = Emisi *baseline* atas sisa produksi listrik untuk kebutuhan sendiri pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>).

### I.B.1. Sebagian produksi listrik dipasok ke jaringan listrik Non-PLN

$$EB_{nPLN,y} = PL_{nPLN,y-eks} \times FE_{non-PLN,y}$$

Di mana:

$EB_{nPLN,y}$  = Emisi *baseline* pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>).

$PL_{nPLN,y}$  = Jumlah produksi listrik neto yang disalurkan oleh aksi mitigasi ke sistem interkoneksi tenaga listrik Non-PLN pada tahun  $y$  (kWh).

$FE_{non-PLN,y}$  = Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Non-PLN pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>/kWh).

#### a. Terdapat kWh meter dan data tersedia:

$PL_{nPLN,y-eks}$  adalah produksi listrik neto yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik non PLN yang jumlahnya sesuai dengan kWh meter ekspor (kWh). Sisa produksi listrik yang digunakan untuk kebutuhan sendiri dihitung sesuai point 1.B.1.b.

#### b. Terdapat kWh meter dan sisa produksi listrik untuk konsumsi sendiri:

$PL_{nPLN,y-sisa}$  adalah sisa produksi listrik neto yang digunakan untuk konsumsi sendiri setelah dikurangi produksi listrik neto yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik non PLN (kWh).

$$EB_{nPLN,y-sisa} = PL_{nPLN,y-sisa} \times FE_{nPLN,y}$$

$$PL_{nPLN,y-sisa} = KAP_{PLTS,y} \times OUI \times FKP \times HOT_y \times RM_{AVG,y} \times FD_{n,i,y} \times 10^{-4} - PL_{nPLN,y-eks}$$

Dimana:

- $PL_{nPLN,y-sisa}$  = Jumlah energi listrik neto yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik setelah dikurangi ekspor ke jaringan non PLN pada tahun  $y$  (kWh).
- $FE_{nPLN,y}$  = Faktor emisi sistema ketenagalistrikan non PLN setempat pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>/kWh)
- $KAP_{PLTS,y}$  = Kapasitas PLTS Atap pada tahun  $y$  (kWp).
- $OUI$  = *Own Use Inverter* (%) → *default factor* 5% ≤ 20 kWp dan 2% ≥ 20 kWp
- $FKP$  = Faktor Koreksi Produksi (70%).
- $HOT_y$  = Hari Operasi pada Tahun  $y$  (365 hari).
- $RM_{AVG,y}$  = Nilai radiasi matahari per wilayah, jika tidak tersedia menggunakan angka rata-rata nasional sebesar 4,81 jam/hari. Radiasi matahari menggunakan angka Radiasi Matahari terbaru yang dipublikasi oleh KESDM atau lembaga terkait. Jika tidak tersedia, maka dapat menggunakan angka Radiasi Matahari sesuai Lampiran Tabel 1.
- $FD_{n,i,y}$  = Faktor Derating modul fotovoltaik jenis  $i$ , tahun  $n$ , pada tahun  $y$  (fraksi). Lihat Lampiran Tabel 2.  
*Crystalline*: 0,5% per tahun.  
*Thin film*: 0,7% sd 1% (rata-rata 0,85% per tahun).
- $i$  = Jenis modul fotovoltaik, *crystalline* atau *thin-film*.
- $n$  = Tahun pemakaian.

c. Terdapat kWh meter tapi data tidak tersedia:

Jika produksi listrik neto sebagian disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik non PLN, tetapi tidak terdapat data kWh meter ekspor, maka semua produksi listrik dianggap dikonsumsi sendiri (100%), yang jumlahnya dihitung berdasarkan radiasi matahari setempat, kapasitas, dan de-efisiensi PV Atap selama *lifetime* 20 tahun.

$$EB_{nPLN,y-sendiri} = PL_{nPLN,y-sendiri} \times FE_{nPLN,y}$$

$$PL_{nPLN,y-sendiri} = KAP_{PLTS,y} \times OUI \times FKP \times HOT_y \times RM_{AVG,y} \times FD_{n,i,y} \times 10^{-4}$$

Dimana:

- $PL_{nPLN,y-sendiri}$  = Jumlah energi listrik neto yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik pada tahun  $y$  (kWh).
- $FE_{nPLN,y}$  = Faktor emisi sistema ketenagalistrikan non PLN setempat pada tahun  $y$  (kg CO<sub>2</sub>/kWh)
- $KAP_{PLTS,y}$  = Kapasitas PLTS Atap pada tahun  $y$  (kWp).
- $OUI$  = *Own Use Inverter* (%) → *default factor* 5% ≤ 20 kWp dan 2% ≥ 20 kWp
- $FKP$  = Faktor Koreksi Produksi (70%).
- $HOT_y$  = Hari Operasi pada Tahun  $y$  (365 hari).
- $RM_{AVG,y}$  = Nilai radiasi matahari per wilayah, jika tidak tersedia menggunakan angka rata-rata nasional sebesar 4,81 jam/hari. Radiasi matahari menggunakan angka Radiasi Matahari terbaru yang dipublikasi oleh KESDM atau lembaga terkait. Jika tidak tersedia, maka dapat menggunakan angka Radiasi Matahari sesuai Lampiran Tabel 1.
- $FD_{n,i,y}$  = Faktor Derating modul fotovoltaik jenis  $i$ , tahun  $n$ , pada tahun  $y$  (fraksi). Lihat Lampiran Tabel 2.

*Crystalline*: 0,5% pe tahun.

*Thin film*: 0,7% sd 1% (rata-rata 0,85% per tahun).

*i* = Jenis modul fotovoltaik, *crystalline* atau *thin-film*.

*n* = Tahun pemakaian.

### I.B.2. Semua produksi listrik dipasok untuk memenuhi konsumsi sendiri

Jika semua produksi listrik PLTS Atap digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sendiri, maka emisi baseline dihitung sesuai formula 1.B.1.c

#### d. Menghitung $FE_{non-PLN,y}$

##### Jika tersedia Data Teknis Pengoperasian Pembangkit:

d.1. Dihitung sesuai formula berikut:

$$FE_{non-PLN,y} = \frac{\sum_i FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times \rho_{i,BBM} \times EF_{CO2,i,y}}{EG_y}$$

Dimana:

$FE_{non-PLN,y}$  = Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Non-PLN pada tahun *y* (kg CO<sub>2</sub>/kWh).

$FC_{i,y}$  = Konsumsi bahan bakar fosil jenis *i* pada tahun *y* (berat atau volume).

$NCV_{i,y}$  = Nilai kalor bersih bahan bakar fosil jenis *i* pada tahun *y* (GJ/kg atau GJ/liter).

$\rho_{i,BBM,y}$  = Densiti bahan bakar minyak nasional *i* pada tahun *y* (kg/m<sup>3</sup>). Jika bahan bakar fosil adalah gas bumi atau batubara, maka  $\rho_{i,BBM,y}$  diganti faktor pengali yang nilainya sama dengan 1.

$EF_{CO2,i,y}$  = Faktor emisi bahan bakar nasional *i* pada tahun *y* (kgCO<sub>2</sub>/GJ).

$EG_y$  = Total produksi listrik neto semua jenis pembangkit listrik yang ada pada sistem interkoneksi ketenagalistrikan non-PLN setempat (kWh).

*i* = Jenis bahan bakar fosil.

d.2. Jika d.1 tidak tersedia maka faktor emisi menggunakan Faktor Emisi jaringan setempat sesuai data publikasi KESDM mutakhir.

d.3. Jika d.1 dan d.2 tidak tersedia, maka faktor emisi menggunakan nilai default sebesar 0,50 kg CO<sub>2</sub>/kWh.

## II. Tambahan PLTS Atap

PLy atau Produksi listrik neto (dikirim ke jaringan atau dikonsumsi sendiri) tidak mempengaruhi produksi listrik PLTS Atap eksisting secara signifikan, sehingga PLY merupakan produksi listrik neto yang dihasilkan oleh PLTS Atap tambahan. Metode penghitungan produksi listrik mengikuti panduan sesuai dengan I.A atau I.B di atas.

## III. Retrofit, Rehabilitasi, atau Penggantian PLTS Atap

Retrofit, rehabilitasi atau penggantian PLTS Atap dapat bervariasi secara signifikan dari tahun ke tahun akibat variasi alami atas ketersediaan radiasi matahari yang dapat menghasilkan ketidakpastian yang signifikan. Untuk mengatasi ketidakpastian ini dapat dilakukan dengan menyesuaikan produksi pembangkit listrik historis dengan standar deviasinya. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa PLTS Atap

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>eksisting ditetapkan secara konservatif dan reduksi emisi yang dihitung dapat dikaitkan dengan kegiatan proyek.</p> $PL_y = \begin{cases} \text{maks}(PL_{PJ,fasilitas,y} - (PL_{historikal} + \sigma_{historikal}), 0) & \text{hingga DATE}_{BaselineRetrofit} \\ 0, & \text{sesudah DATE}_{BaselineRetrofit} \end{cases}$ <p>Dimana:</p> <p><math>PL_{PJ,fasilitas,y}</math> = Jumlah energi listrik neto yang dihasilkan oleh PLTS Atap (retrofit, rehabilitasi, penggantian) yang disalurkan ke jaringan listrik atau dikonsumsi sendiri pada tahun <math>y</math> (kWh).</p> <p><math>PL_{historikal}</math> = Rata-rata produksi listrik neto yang dihasilkan oleh PLTS Atap eksisting sebelum adanya kegiatan retrofit/rehabilitasi/penggantian PLTS Atap, minimal 5 tahun (kWh). Untuk kasus rehabilitasi, jika PLTS Atap eksisting tidak dioperasikan dalam 5 tahun terakhir, maka <math>PL_{historikal} = 0</math>.</p> <p><math>\sigma_{historikal}</math> = Standard deviasi terhadap rata-rata produksi listrik neto yang dikirim ke jaringan atau dikonsumsi sendiri PLTS Atap eksisting sebelum adanya kegiatan retrofit/rehabilitasi/penggantian PLTS Atap (kWh).</p> <p><math>DATE_{BaselineRetrofit}</math> = Tanggal PLTS Atap eksisting harus diganti tanpa adanya kegiatan retrofit/rehabilitasi/penggantian PLTS Atap.</p> <p>Untuk menetapkan tanggal PLTS Atap eksisting yang akan diganti/diretrofit akibat tidak adanya retrofit/penggantian PLTS Atap eksisting, (<math>DATE_{BaselineRetrofit}</math>), pelaksana kegiatan dapat menghitung rata-rata umur teknis dari PLTS dengan mempertimbangkan “<i>Tool to determine the remaining lifetime of equipment</i>”.</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**D. Perhitungan Emisi Aksi Mitigasi**

|                                   |                                                                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sumber emisi :<br><i>leakage</i>  | Tidak ada                                                                                     |
| Cara perhitungan emisi kegiatan : | $EP_y = 0$<br>Di mana:<br>$EP_y$ = Emisi aksi mitigasi pada tahun $y$ (ton CO <sub>2</sub> ). |

**E. Perhitungan Penurunan Emisi**

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cara perhitungan penurunan emisi : | $PE_y = EB_y - EP_y$<br>Di mana:<br>$PE_y$ = Penurunan emisi oleh aksi mitigasi pada tahun $y$ (ton CO <sub>2</sub> )<br>$EB_y$ = Emisi <i>Baseline</i> pada tahun $y$ (ton CO <sub>2</sub> )<br>$EP_y$ = Emisi Aksi Mitigasi pada tahun $y$ (ton CO <sub>2</sub> ) |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**F. Rencana Pemantauan**

**Parameter Ex-Post**

**1. Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan PLN**

|                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parameter:                                                  | $FE_{PLN,y}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Satuan:                                                     | Ton CO <sub>2</sub> /MWh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Deskripsi:                                                  | Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan PLN pada tahun y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Sumber Data:                                                | Ditjen Gatrik KESDM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                             | Metode untuk menghitung faktor emisi listrik dari sistem interkoneksi tenaga listrik " <i>Tool to calculate the emission factor for an electricity system</i> " versi terakhir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Frekuensi Pengukuran:                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Lainya:                                                     | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>2. Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan non PLN</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Parameter:                                                  | $FE_{nPLN,y}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Satuan:                                                     | Ton CO <sub>2</sub> /MWh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Deskripsi:                                                  | Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan non PLN pada tahun y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Sumber Data:                                                | Pengelola pembangkit PPU                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode untuk menghitung faktor emisi listrik dari sistem interkoneksi tenaga listrik "<i>Tool to calculate the emission factor for an electricity system</i>" versi terakhir, jika tidak ada data</li> <li>• Menggunakan publikasi KESDM terakhir, jika tidak ada data, maka: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menggunakan default 0,5 Ton CO<sub>2</sub>/MWh jika listrik di areal tersebut dibangkit oleh PLTGU</li> <li>○ Menggunakan default 0,8 Ton CO<sub>2</sub>/MWh jika listrik di areal tersebut dibangkit oleh PLTD</li> <li>○ Menggunakan default 0,95 Ton CO<sub>2</sub>/MWh jika listrik di areal tersebut dibangkit oleh PLTU Batubara</li> </ul> </li> </ul> |
| Frekuensi Pengukuran:                                       | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Lainya:                                                     | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>3. Produksi Listrik Neto:</b>                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Parameter:                                                  | $PL_{PLN,y}$ , $PL_{nPLN,y}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Satuan:                                                     | MWh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Deskripsi:                                                  | Jumlah produksi listrik neto yang dihasilkan oleh PLTS Atap yang dikirim ke sistem interkoneksi tenaga listrik PLN dan Non PLN pada tahun y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sumber Data:                                                | kWh meter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                             | Parameter ini harus dipantau menggunakan pengukur listrik dua arah jika terjadi pembelian listrik dari sistem interkoneksi tenaga listrik untuk dihitung sebagai perbedaan antara: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. jumlah listrik yang dipasok PLTS Atap ke sistem interkoneksi tenaga listrik; dan</li> <li>b. jumlah listrik yang dibutuhkan aksi mitigasi dari sistem interkoneksi tenaga listrik.</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Frekuensi Pengukuran:                                       | Pemantauan dilakukan secara rutin, diukur setiap jam, dan minimal dilaporkan sebulan sekali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Lainya:                                                     | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>4. Loses Transmisi dan Distribusi:</b>                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Parameter:                                                  | $TDL_{PLN,y}$ dan $TDL_{nPLN,y}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Satuan:                                                     | %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Deskripsi:                                                  | Loses listrik akibat transmisi dan distribusi listrik ke konsumen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Sumber Data:                                                | MWh meter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Dipantau atau dihitung berdasarkan perbedaan antara listrik yang disuplai ke jaringan dan listrik yang diterima oleh konsumen.</li> <li>Dapat menggunakan statistik yang dipublikasi oleh Kementerian atau PLN.</li> </ul> |
| Frekuensi Pengukuran:                                                           | Pemantauan dilakukan secara rutin dan minimal dilaporkan setahun sekali                                                                                                                                                                                           |
| Lainya:                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>5. Kapasitas PLTS:</b>                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Parameter:                                                                      | $KAP_{PLTS,y}$                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Satuan:                                                                         | kWp                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Deskripsi:                                                                      | Kapasitas PLTS pada tahun y                                                                                                                                                                                                                                       |
| Sumber Data:                                                                    | Pengguna PV Atap, PLN, EBTKE-KESDM                                                                                                                                                                                                                                |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Frekuensi Pengukuran:                                                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lainya:                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>6. Konsumsi bahan bakar fosil pembangkit listrik untuk Kawasan tertentu:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Parameter:                                                                      | $FC_{i,y}$                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Satuan:                                                                         | Ton atau m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                           |
| Deskripsi:                                                                      | Konsumsi bahan bakar fosil yang digunakan oleh pembangkit listrik non-PLN dan non-IPP yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik suatu Kawasan tertentu                                                                                                      |
| Sumber Data:                                                                    | Operator pembangkit listrik, DJK-KESDM                                                                                                                                                                                                                            |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Frekuensi Pengukuran:                                                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lainya:                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>7. Nilai Kalor Bersih:</b>                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Parameter:                                                                      | $NCV_{i,y}$                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Satuan:                                                                         | GJ/ton                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Deskripsi:                                                                      | Nilai kalor bersih bahan bakar fosil i pada tahun y                                                                                                                                                                                                               |
| Sumber Data:                                                                    | KESDM (Tier-2)                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Frekuensi Pengukuran:                                                           | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Lainya:                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>8. Densiti BBM</b>                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Parameter:                                                                      | $\rho_{i,y}$                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Satuan:                                                                         | Kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Deskripsi:                                                                      | Densiti bahan bakar minyak i pada tahun y                                                                                                                                                                                                                         |
| Sumber Data:                                                                    | KESDM (Tier-2)                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Frekuensi Pengukuran:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Lainya:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>9. Faktor Emisi Bahan Bakar:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Parameter:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | $EF_{CO_2,i,y}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Satuan:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kg CO <sub>2</sub> /GJ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Deskripsi:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Faktor Emisi Bahan Bakar Fosil menurut jenis pada tahun y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Sumber Data:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | KESDM (Tier-2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Metode dan Prosedur Pengukuran:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Frekuensi Pengukuran:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Lainya:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>G. Dokumen Verifikasi</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dokumen jumlah total listrik neto yang disalurkan PLTS Atap ke sistem interkoneksi tenaga listrik PLN dan non PLN.</li> <li>2. Dokumen Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan PLN</li> <li>3. Dokumen konsumsi bahan bakar fosil i</li> <li>4. Dokumen nilai kalor bersih bahan bakar i</li> <li>5. Dokumen density bahan bakar minyak i</li> <li>6. Dokumen faktor emisi bahan bakar fosil i</li> <li>7. Dokumen kapasitas PLTS Atap</li> <li>8. Dokumen sertifikasi kWh meter</li> </ol> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>H. Daftar Singkatan</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| CO <sub>2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Karbondioksida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| GRK                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Gas rumah kaca                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| kWh                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Kilowatt hour</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| PLTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Pembangkit Listrik Tenaga Surya                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>I. Daftar Istilah</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Jumlah emisi CO <sub>2</sub> yang dilepaskan untuk memproduksi 1 MWh energi listrik di sistem interkoneksi tenaga listrik tertentu.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Pembangkit listrik tenaga surya ( <i>on-grid</i> )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi listrik dengan menggunakan modul <i>photovoltaic</i> yang langsung diinterkoneksi ke sistem interkoneksi tenaga listrik.                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Retrofit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Retrofit atau modifikasi adalah investasi untuk memperbaiki atau memodifikasi pembangkit yang telah beroperasi, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, kinerja atau kapasitas pembangkit, tanpa menambah pembangkit baru. Retrofit bertujuan untuk mengembalikan kapasitas terpasang pembangkit listrik ke atau di atas kapasitas terpasang baseline. Retrofit hanya mencakup tindakan yang melibatkan modal investasi dan bukan pemeliharaan rutin. |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rehabilitasi | Rehabilitasi (pemugaran) adalah investasi untuk memulihkan pembangkit eksisting ada yang rusak parah atau hancur karena kegagalan pondasi, rembesan berlebihan, gempa bumi, likuifaksi, atau banjir. Tujuan utama dari rehabilitasi atau pemugaran adalah untuk mengembalikan kinerja fasilitas. Rehabilitasi juga dapat mengakibatkan peningkatan efisiensi, kinerja atau kapasitas pembangkit dengan/tanpa penambahan pembangkit baru. |
| Replacement  | Replacement (penggantian) adalah penanaman modal pada pembangkit baru yang menggantikan satu atau beberapa unit yang ada pada pembangkit eksisting. Pembangkit baru memiliki kapasitas pembangkitan yang sama atau lebih tinggi dari pembangkit yang diganti.                                                                                                                                                                            |

**Tabel 1. Radiasi Matahari per Wilayah**

| No        | Kota/Kabupaten | Provinsi           | Radiasi rata-rata harian (kWh/m <sup>2</sup> ) atau (jam/hari) |
|-----------|----------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| 1         | Banda Aceh     | NAD                | 4,10                                                           |
| 2         | Palembang      | Sumatera Selatan   | 4,95                                                           |
| 3         | Menggala       | Kampung            | 5,23                                                           |
| 4         | Jakarta        | DKI Jakarta        | 4,10                                                           |
| 5         | Bandung        | Jawa Barat         | 4,15                                                           |
| 6         | Lembang        | Jawa Barat         | 5,14                                                           |
| 7         | Citius         | Banten             | 4,32                                                           |
| 8         | Dermaga Bogor  | Jawa Barat         | 2,56                                                           |
| 9         | Serpong        | Banten             | 4,45                                                           |
| 10        | Semarang       | Jawa Tengah        | 5,49                                                           |
| 11        | Surabaya       | Jawa Timur         | 4,30                                                           |
| 12        | Yogyakarta     | D.I Yogyakarta     | 4,50                                                           |
| 13        | Denpasar       | Bali               | 5,26                                                           |
| 14        | Pontianak      | Kalimantan Barat   | 4,55                                                           |
| 15        | Banjarbaru     | Kalimantan Selatan | 4,80                                                           |
| 16        | Banjarmasin    | Kalimantan Selatan | 4,57                                                           |
| 17        | Samarinda      | Kalimantan Timur   | 4,17                                                           |
| 18        | Manado         | Sulawesi Utara     | 4,91                                                           |
| 19        | Palu           | Sulawesi Tengah    | 5,51                                                           |
| 20        | Kupang         | NTT                | 5,12                                                           |
| 21        | Waingapu       | NTT                | 5,75                                                           |
| 22        | Maumere        | NTT                | 5,72                                                           |
| Indonesia |                |                    | 4,81                                                           |

Sumber: Statistik EBTKE, 2014

**Tabel 2. Faktor Degradasi Modul Fotovoltaik**

| Tahun ke (n) | Faktor Degradasi per Jenis Modul Fotovoltaik |                  |
|--------------|----------------------------------------------|------------------|
|              | <i>Crystalline</i>                           | <i>Thin Film</i> |
| 1            | 1,0000                                       | 1,0000           |
| 2            | 0,9950                                       | 0,9915           |
| 3            | 0,9900                                       | 0,9830           |
| 4            | 0,9850                                       | 0,9745           |
| 5            | 0,9800                                       | 0,9660           |
| 6            | 0,9750                                       | 0,9575           |
| 7            | 0,9700                                       | 0,9490           |
| 8            | 0,9650                                       | 0,9405           |
| 9            | 0,9600                                       | 0,9320           |
| 10           | 0,9550                                       | 0,9235           |
| 11           | 0,9500                                       | 0,9150           |
| 12           | 0,9450                                       | 0,9065           |
| 13           | 0,9400                                       | 0,8980           |
| 14           | 0,9350                                       | 0,8895           |
| 15           | 0,9300                                       | 0,8810           |
| 16           | 0,9250                                       | 0,8725           |
| 17           | 0,9200                                       | 0,8640           |
| 18           | 0,9150                                       | 0,8555           |
| 19           | 0,9100                                       | 0,8470           |
| 20           | 0,9050                                       | 0,8385           |

Sumber: Kesepakatan pada diskusi berdasarkan analisa publikasi yang tersedia