

## Studi Pemilihan Sistem *Supply* Listrik Dengan Pendekatan Topsis Dan Desain Sistem Kelistrikan Pada *Onshore Receiving Facility* LNG Di Celukan Bawang, Buleleng, Bali.

Fadilla Indrayuni Prastyasari, Ketut Buda Artana, Sardono Sarwito  
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh  
Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
*e-mail*: ketutbuda@its.ac.id

**Abstrak**—*Liquefied Natural Gas* (LNG) merupakan gas alam yang sudah dikonversi menjadi fase cair pada kisaran temperatur  $-161^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer. Konversi ini mereduksi volume 600 kali lebih kecil dari volume gas alam sehingga LNG lebih bernilai ekonomis untuk disimpan dan ditransportasikan. LNG dapat menjadi solusi alternatif bahan bakar bagi pembangkit listrik di Indonesia. Disamping kelebihan dari LNG, hanya sedikit gas yang dimanfaatkan langsung oleh Indonesia karena kurangnya sarana dan prasarana yang mendukung. Salah satu sarana yang dapat mendukung pendistribusian LNG adalah terminal penerima LNG dan sistem pendukungnya, kapal LNG dan dermaga, unit regasifikasi, dan yang lainnya. Studi ini bertujuan untuk memilih sistem *supply* listrik menggunakan metode TOPSIS dan selanjutnya mendesain sistem kelistrikan untuk ORF di Celukan Bawang – Buleleng. LNG didistribusikan menuju ke tiga pembangkit listrik yang ada di Bali: Pesanggaran, Gilimanuk, dan Pamaron. Beberapa peralatan utama dari ORF yang dipertimbangkan adalah tangki penyimpanan, kompresor BOG, recondenser, pompa kriogenik, *loading arm* dan lainnya, dengan total kebutuhan daya sebesar 214,6 kW. Peralatan tersebut membutuhkan sistem *supply* listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik dari seluruh peralatan di ORF. Terdapat tiga alternatif dari sumber listrik, yaitu diesel *engine generator*, *gas engine generator*, dan *supply* listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Alternatif terbaik kemudian akan dipilih menggunakan metode TOPSIS dengan dua metode pembobotan yang berbeda. Studi ini menunjukkan bahwa alternatif terbaik adalah *supply* listrik dari PLN. Dengan menggunakan hasil seleksi, akan dibuat desain sistem kelistrikan untuk ORF dan setiap terminal penerima LNG mini di setiap pembangkit listrik yang terdiri dari *wiring diagram* dan *online diagram*.

**Kata Kunci**—*Onshore receiving facilities*, *online diagram*, sistem *supply* listrik, TOPSIS, *wiring diagram*.

### I. PENDAHULUAN

PADAtahun 2003, total kebutuhan listrik di Jamali sebesar 69,96 TWh dan selama kurun waktu 17 tahun (2003-2020) diperkirakan tumbuh sebesar 6% per tahun sedikit lebih rendah dari rata-rata Indonesia, sehingga pada tahun 2020 total kebutuhan listrik di Jamali menjadi 203,19 TWh. Peningkatan pertumbuhan kebutuhan listrik terbesar di Jamali berasal dari sektor rumah tangga, hal tersebut dipicu dengan membaiknya perekonomian di Jawa, walaupun laju pertumbuhan kebutuhan listrik sektor rumah tangga tersebut sudah mempertimbangkan efisiensi

penggunaan listrik dan kenaikan tarif. Sekitar sepertiga dari total kebutuhan listrik Jamali berasal dari Distribusi Jawa Barat dan Banten, mengingat pusat industri besar berada di wilayah ini [1].

Bali merupakan salah satu konsumen listrik terbesar karena merupakan daerah pariwisata yang memiliki kebutuhan listrik tinggi. Bali bagian selatan adalah daerah yang paling tinggi kebutuhannya jika dibandingkan dengan daerah yang lainnya. Tiga pembangkit listrik yang beroperasi di Bali yaitu PLTG Gilimanuk, PLTG Pamaron dan PLTG Pesanggaran masing-masing menghasilkan 133 MW, 97,6 MW dan 201,7 MW. Masalah yang kemudian muncul adalah seluruh pembangkit listrik yang ada di Bali menggunakan diesel sebagai penghasil tenaganya, dikarenakan tidak adanya *supply* gas yang dapat memenuhi kebutuhan pembangkit listrik tersebut. Penggunaan mesin diesel menimbulkan polusi yang berlebihan, baik dari polusi udara maupun polusi suara (kebisingan). Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil yang digunakan sebagai bahan bakar untuk ketiga PLTG tersebut membutuhkan biaya yang sangat tinggi.

Untuk menekan penggunaan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama bagi ketiga pembangkit listrik yang ada di Bali, maka akan segera dibangun fasilitas penerima LNG yang akan menampung LNG untuk kemudian disalurkan menuju tiga pembangkit tersebut. Fasilitas penerima LNG nantinya akan berada di Bali bagian utara tepatnya di Desa Celukan Bawang, Buleleng. Fasilitas penerima LNG yang berada di Bali akan terdiri dari fasilitas yang berada di laut dan yang berada di daratan, yang selanjutnya akan disebut dengan *Onshore Receiving Facility* (ORF). Fasilitas yang berada di laut adalah sebuah *Floating Storage Unit* (FSU) merupakan kapal tanker yang dimodifikasi yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan LNG sementara yang ditransferkan oleh kapal tanker. Untuk fasilitas yang ada di darat (ORF) meliputi *unloading unit*, *storage tank*, pompa-pompa, dan *loading arm*.

Dari peralatan-peralatan yang berada di ORF Celukan Bawang tentu saja memerlukan listrik agar peralatan tersebut dapat beroperasi. Maka dari itu dibutuhkan suatu sistem *supply* listrik yang dapat memenuhi kebutuhan listrik di tempat tersebut.

### II. DASAR TEORI

#### A. *Liquefied Natural Gas* (LNG)

*Liquefied Natural Gas* (LNG) merupakan gas alam yang sudah didinginkan pada temperatur dengan kisaran  $-161^{\circ}\text{C}$  pada tekanan atmosfer. Likuifaksi dapat mereduksi volume gas kurang lebih menjadi 600 kali lebih kecil yang bisa membuat lebih bernilai ekonomis untuk menyimpan gas alam disaat tempat penyimpanan dalam wujud lain tidaktersedia, dan untuk mendistribusikan gas apabila jaraknya sangat jauh dimana penggunaan *pipeline* menjadi sangat mahal dikarenakan keharusan untuk melakukan pembebasan lahan, atau adanya suatu batasan lain. Likuifaksi menjadikan perpindahan gas alam antar benua menjadi mungkin khususnya dengan digunakannya kapal. Maka dari itu, teknologi LNG menjadikan gas alam bisa tersedia di seluruh dunia.

LNGsupply chain terdiri dari eksplorasi dan produksi dari gas alam, likuifaksi, pengangkutan LNG melalui laut, dan penyimpanan LNG, regasifikasi dan pengiriman gas alam menuju ke konsumen [2].

Indonesia merupakan salah satu negara pengekspor LNG (*Liquefied Natural Gas*) terbesar di dunia, berdasarkan laporan dari *International Gas Union* (IGU) pada tahun 2011, Indonesia menjadi negara pengekspor LNG terbesar di dunia setelah Qatar dan Malaysia [3]. Salah satu sarana yang dapat mendukung pengembangan teknologi di bidang LNG adalah fasilitas penerima LNG yang di dalamnya terdapat pelabuhan dan dermaga pelabuhan dan dermaga yang digunakan kapal tanker untuk melakukan proses *loading/unloading* LNG.



Gambar 1. Rancangan Onshore Receiving Facility di Buleleng-Bali

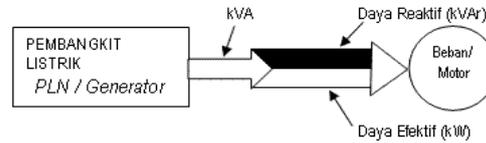


Gambar 2. Lokasi *Onshore Receiving Facility* dan pembangkit yang akan dilayani

**B. Dasar-dasar Kelistrikan**

Dalam dunia kelistrikan, daya dapat dinyatakan menjadi 3 (tiga), yaitu:

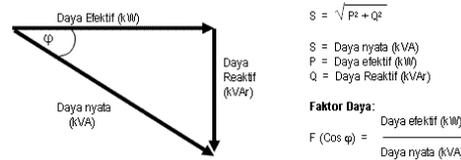
- a. Daya Nyata (kVA)  
Daya ini adalah daya yang didapatkan/dikeluarkan oleh generator atau PLN.



- b. Daya Efektif (kW/kiloWatt)  
Energi yang dipakai dan akan diubah menjadi energi mekanik, panas atau energi yang lainnya.
- c. Daya Reaktif (kVAr)  
Energi yang diperlukan peralatan listrik yang bekerja dengan sistem elektromagnet, untuk pembentukan medan magnet.

Dari ketiga jenis daya atas, hubungan antara satu dengan yang lainnya dapat dijelaskan dengan segitiga daya di bawah ini.

Gambar 2.3 Tiga jenis perbedaan daya



Gambar 2.4 Segitiga daya

**C. TOPSIS**

Terdapat banyak metode perankingan yang dapat digunakan untuk memecahkan beberapa masalah pengambilan keputusan multikriteria. Salah satu metode yang baik untuk masalah pengambilan keputusan multikriteria adalah TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Masalah TOPSIS dengan perankingan keputusan kelompok dapat meningkatkan evaluasi beberapa hal, diantaranya adalah evaluasi kriteria/sub kriteria, kelayakan alternatif, pengambil keputusan, dan aturan keputusan ranking. Dalam pengambilan keputusan, bobot kriteria sangat mempengaruhi pemilihan akhir masalah TOPSIS. Algoritma berdasarkan [4] yang digunakan dalam metode TOPSIS ini adalah:

- a. Menentukan evaluasi kriteria.
- b. Menentukan bobot setiap kriteria dengan menggunakan *pairwise comparison*
- c. Membentuk matriks keputusan D mengacu terhadap m alternatif yang akan dievaluasi berdasarkan n kriteria yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\bar{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

dengan  $\tilde{x}_{ij}$  menyatakan performansi dari perhitungan untuk alternatif ke-*i* terhadap atribut ke-*j*.

Nilai bobot preferensi menunjukkan tingkat kepentingan relatif setiap kriteria atau subkriteria. Nilai bobot dapat dihitung menggunakan rumus

$$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\}$$

**Comment [F11]:** Need to be checked, whether it is wrong or right using fuzzy topsis with this algorithm. Check the algorithm for TOPSIS without fuzzy in the textbook

Dimana  $\tilde{x}_{ij}^k$  dan  $\tilde{w}_j^k$  adalah variabel linguistik yang dapat ditunjukkan dengan nilai segitiga fuzzy :  $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  dan  $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ .

- d. Menentukan matriks keputusan yang ternormalisasi. Matriks ternormalisasi terbentuk dari rumus

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Dengan  $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$

- e. Menghitung matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot. Menghitung matriks ternormalisasi terbobot dihitung menggunakan rumus

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Dengan,  $\tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_i(\cdot) \tilde{r}_{ij}$ .

- f. Menghitung matriks solusi ideal positif  $A^+$  dan matriks solusi ideal negatif  $A^-$ .

$$A^+ = \max(\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \tilde{v}_3^+, \dots, \tilde{v}_n^+)$$

$$A^- = \min(\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \tilde{v}_3^-, \dots, \tilde{v}_n^-)$$

- g. Menghitung jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif.

Jarak alternatif ( $d_i^+$ ) dengan solusi ideal positif dirumuskan sebagai berikut.

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_j^+)^2}; i = 1, 2, 3, \dots, m.$$

Jarak alternatif ( $d_i^-$ ) dengan solusi ideal positif dirumuskan sebagai berikut.

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_j^-)^2}; i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

- h. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif. Nilai preferensi ( $CC_i$ ) untuk setiap alternatif dirumuskan sebagai berikut.

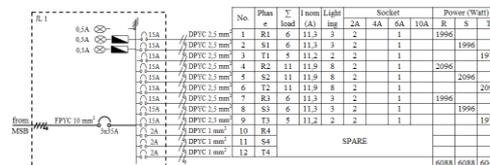
$$CC_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dengan } 0 < CC_i < 1$$

#### D. Wiring dan Online Diagram

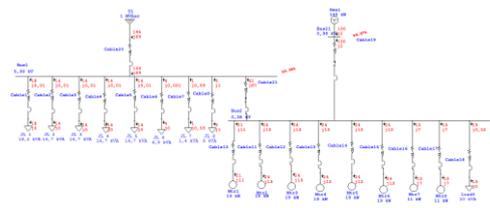
Dalam proses pembuatan suatu desain kelistrikan, maka dibutuhkan sebuah dokumen perhitungan mengenai berapakah jumlah kebutuhan listrik yang ada di tempat tersebut agar dapat diperhitungkan berapa supply listrik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik agar seluruh peralatan dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Selain dokumen perhitungan, perlu juga dibuat sebuah gambar yang berisi mencakup wiring diagram dan juga online diagram. *Wiring diagram* memberikan informasi mengenai tiap-tiap kabel yang akan menyalurkan arus listrik menuju ke setiap beban yang ada. Untuk beban dengan tegangan 1 fase hanya memiliki satu kabel yang masuk, begitu pula untuk beban dengan tegangan 3 fase yang memiliki 3 kabel. Setiap 1 kabel membawa 1 fase tegangan (R atau S atau T). Satu tarikan kabel pada tiap fase dapat menyalurkan listrik ke beban hingga 11 titik beban. Selain itu dalam *wiring diagram* juga terdapat informasi mengenai luas penampang dari suatu kabel tersebut, dan juga berapa besar arus yang mampu ditahan oleh suatu *circuit breaker*.

Arus terbesar akan terjadi saat beban sedang mengalami starting, yang dapat mengakibatkan arus naik menjadi 3 hingga 6 kali dari arus nominal.

Di samping *wiring diagram*, gambar lain yang harus dimiliki adalah *online diagram*. Apabila *wiring diagram* memberikan informasi mengenai dimensi kabel, besar arus dari *circuit breaker*, maka *online diagram* memberikan informasi mengenai sumber listrik hingga pembagiannya menuju ke setiap bus (panel listrik) dan kemudian menuju ke setiap beban.



Gambar 2.5 Gambar wiring diagram



Gambar 2.6 Gambar online diagram

### III. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, akan dilakukan pemilihan sistem supply listrik dan juga mendesain sistem kelistrikannya. Untuk permasalahan yang pertama akan dilakukan seleksi dengan menggunakan pendekatan TOPSIS, tujuan utama dari pemecahan masalah ini adalah untuk menentukan sistem supply listrik apakah yang paling sesuai dengan ORF Celukan Bawang. Selanjutnya, permasalahan yang kedua dapat dipecahkan setelah permasalahan yang pertama telah mempunyai hasil.

Untuk lingkup penelitian yang pertama, langkah pertama adalah menentukan bobot dari setiap kriteria dan juga mengetahui nilai kecocokan antara seluruh kriteria dengan deluruh alternatif. Data yang digunakan diperoleh dari hasil survei. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan TOPSIS untuk melakukan seleksi alternatifnya.

Lingkup penelitian kedua dimulai dengan menghitung total kebutuhan daya pada ORF, terdiri dari peralatan utama dan juga peralatan lainnya. Setelah itu dilakukan penggambaran wiring diagram dilanjutkan dengan online diagram.

### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Total Kebutuhan Daya di ORF

Dalam pengerjaan penelitian ini, peralatan listrik yang berada di ORF Celukan Bawang dikelompokkan menjadi

dua kategori, yaitu peralatan utama dan peralatan penerangan. Tabel 1 akan menjelaskan tentang peralatan utama, sedangkan Tabel 2 akan menyajikan data untuk peralatan penerangan.

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 didapatkan total kebutuhan daya dari peralatan utama dan juga peralatan penerangan, namun daya yang harus disupply oleh pusat listrik harus dapat mencukupi daya saat peralatan tersebut sedang dalam kondisi start, yang dapat menimbulkan arus start hingga enam kali arus nominal sehingga daya yang diserap juga akan lebih besar. Besar daya yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi kebutuhan daya peralatan listrik di ORF dan juga dapat mencukupi daya saat kondisi start adalah 214,6 kilowatt.

Tabel 1. Spesifikasi dan kebutuhan daya peralatan utama

| No.                   | Equipment  | Instrument |        |      |       | Total | Power (kW) |      |        | Operating  |        |            |      |
|-----------------------|--|------------|--------|------|-------|-------|------------|------|--------|------------|--------|------------|------|
|                       |  | Volt (V)   | F (Hz) | Rpm  | φ Δ/Y |       | Input      | Eff  | Output | Total load | LF     | power (kw) | CL   |
| 1                     | Cryogenic Pump (from FSU to ORF)                                 | 380        | 50     | 1500 | 3     | 3     | 20         | 0,95 | 19     | 3          | 0,85   | 51         | -    |
| 2                     | Cryogenic Pump (from FSU to ORF)                                 | 380        | 50     | 1500 | 3     | 1     | 20         | 0,95 | 19     | 1          | 0,85   | -          | 17   |
| 3                     | Cryogenic Pump (from storage tank to Recondenser or Loading arm) | 380        | 50     | 1500 | 3     | 3     | 20         | 0,95 | 19     | 3          | 0,85   | 51         | -    |
| 4                     | Cryogenic Pump (from storage tank to Recondenser or Loading arm) | 380        | 50     | 1500 | 3     | 1     | 20         | 0,95 | 19     | 1          | 0,85   | -          | 17   |
| 5                     | BOG Compressor   | 380        | 50     | 1500 | 3     | 1     | 11,579     | 0,95 | 11     | 1          | 0,85   | 9,84       | -    |
| 6                     | BOG Compressor   | 380        | 50     | 1500 | 3     | 1     | 11,579     | 0,95 | 11     | 1          | 0,85   | -          | 9,84 |
| TOTAL LOAD (kilowatt) |  |            |        |      |       |       |            |      |        |            | 111,84 | 43,84      |      |

Tabel 2. Kebutuhan daya peralatan penerangan

| No    | Name of building              | Σ  | Power (watt) | ΣPower (watt) | Socket (A) |   |   |    | Total Power (watt) |
|-------|-------------------------------|----|--------------|---------------|------------|---|---|----|--------------------|
|       |                               |    |              |               | 2          | 4 | 6 | 10 |                    |
| 1     | Lampu + stopkontak gedung 1   | 40 | 20           | 800           | 18         |   | 9 |    | 16640              |
| 2     | Lampu + stopkontak gedung 2   | 20 | 20           | 400           | 18         |   | 6 |    | 13072              |
| 3     | Lampu + stopkontak gedung 3   | 20 | 20           | 400           | 18         |   | 6 |    | 13072              |
| 4     | Lampu + stopkontak gedung 4   | 20 | 20           | 400           | 18         |   | 6 |    | 13072              |
| 5     | Lampu + stopkontak gedung 5   | 20 | 20           | 400           | 18         |   | 6 |    | 13072              |
| 6     | Lampu penerangan bangunan 6   | 10 | 20           | 200           | 3          |   |   |    | 1256               |
| 7     | Lampu penerangan bangunan 7   | 10 | 20           | 200           | 3          |   |   |    | 1256               |
| 8     | Lampu penerangan bangunan 8   | 5  | 20           | 100           | 3          |   |   |    | 1156               |
| 9     | Lampu penerangan bangunan 9   | 3  | 20           | 60            | 3          |   |   |    | 1116               |
| 10    | Lampu penerangan storage tank | 9  | 100          | 900           |            |   |   |    | 900                |
| 11    | Lampu penerangan              | 21 | 100          | 2100          |            |   |   |    | 2100               |
| TOTAL |                               |    |              |               |            |   |   |    | 76712              |

**B. Pemilihan Sistem Supply Listrik**

Melakukan seleksi alternatif dilakukan dengan cara mengevaluasinya dengan kriteria-kriteria yang ditentukan. Penentuan kriteria dapat dilakukan dengan cara mengacu pada penelitian sebelumnya ataupun buku literatur yang ada. Dalam permasalahan ini, kriteria yang digunakan adalah kriteria lingkungan dengan sub-kriteria lahan yang digunakan, emisi yang dihasilkan, dan kebisingan yang dihasilkan [5]; kriteria kedua adalah kriteria teknis dengan sub-kriteria kemudahan instalasi, lama pemasangan, dan lifetime dari peralatan supply; kriteria ketiga adalah biaya, dengan sub-kriteria investasi, biaya operasi, dan biaya perawatan [6]; Kriteria terakhir adalah operasional dengan

sub-kriteria kemudahan saat pengoperasian, kemudahan dalam perawatan dan keselamatan saat pengoperasian.

**1. TOPSIS**

**Langkah 1.** Menentukan bobot dari setiap sub kriteria dengan menggunakan *pairwise comparison*. Pada Tabel 3 akan diberikan hasil perhitungan bobot dari sub-kriteria environmental.

Tabel 3.  
Nilai bobot dari sub-kriteria environmental

|     | TEM      | POL   | BIS  |
|-----|----------|-------|------|
| TEM | 1        | 0,98  | 1,13 |
| POL | 1,020408 | 1     | 2,67 |
| BIS | 0,884956 | 0,375 | 1    |

Dari tabel di atas, informasi yang bisa didapatkan adalah:

- Bobot tempat instalasi 0,98 kali lebih penting jika dibandingkan dengan bobot polusi udara yang dihasilkan
- Bobot tempat instalasi 1,13 kali lebih penting jika dibandingkan dengan bobot kebisingan yang dihasilkan
- Bobot polusi udarayang dihasilkan 2,67 kali lebih penting jika dibandingkan dengan bobot kebisingan yang dihasilkan

Kemudian nilai yang telah didapatkan dari hasil survey diatas, dihitung untuk menentukan bobot relatif yang akan digunakan dalam proses seleksi dengan cara:

- Perbandingan nilai antara satu atribut dengan atribut yang lain (misal : TEM dengan POL) dibagi dengan total nilai di satu kolomterdapat pada Tabel 4.

Tabel 4.  
Proses perhitungan bobot dari sub-kriteria environmental

|     | TEM   | POL   | BIS   |
|-----|-------|-------|-------|
| TEM | 0,344 | 0,416 | 0,236 |
| POL | 0,351 | 0,425 | 0,556 |
| BIS | 0,305 | 0,159 | 0,208 |

- Total nilai disetiap baris dibagi dengan jumlah dari atribut (dalam kasus ini ada 3 sub-kriteria), jadi bobot relatif yang didapatkan adalah:

- Tempat instalasi = 0,33
- Polusi udara = 0,44
- Kebisingan = 0,22

**Langkah 2.** Dengan menggunakan cara yang sama, dicarilah bobot relatif untuk setiap sub-kriteria lainnya.

- Sub-kriteria technical
  - Kemudahan instalasi = 0,34
  - Lama pemasangan = 0,20
  - Lifetime = 0,46
- Sub-kriteria cost
  - Biaya investasi = 0,41
  - Biaya operasional = 0,33
  - Biaya perawatan = 0,26
- Sub-kriteria operational
  - Kemudahan pengoperasian = 0,24
  - Kemudahan perawatan = 0,21
  - Keselamatan pengoperasian = 0,55

d. Bobot setiap kriteria

- Bobot dari environmental = 0,42
- Bobot dari technical = 0,19
- Bobot cost = 0,21
- Bobot operational = 0,17

**Langkah 3.** Menentukan nilai kecocokan antara alternatif dengan setiap sub-kriteria.

**Langkah 4.** Menghitung matriks ternormalisasi dari matriks yang terdapat pada Tabel 5.

**Langkah 5.** Menentukan matriks ternormalisasi terbobot

**Langkah 6.** Mencari solusi ideal positif dan solusi ideal negatif dari setiap sub kriteria.

**Langkah 7.** Menghitung jarak setiap alternatif dengan solusi ideal positif dan dengan solusi ideal negatif.

Tabel 5.  
Matriks pembuat keputusan

|                               | Bobot | A1  | A2  | A3  |
|-------------------------------|-------|-----|-----|-----|
| <b>Kriteria Environmental</b> |       |     |     |     |
| Tempat untuk instalasi        | 0,33  | 3   | 3,6 | 4,4 |
| Polusi udara                  | 0,44  | 1,8 | 3,2 | 4,4 |
| Kebisingan                    | 0,22  | 1,7 | 3,5 | 4,4 |
| <b>Kriteria Technical</b>     |       |     |     |     |
| Kemudahan instalasi           | 0,34  | 3,4 | 4   | 4,6 |
| Lama pemasangan               | 0,2   | 3,1 | 3,8 | 4   |
| Lifetime                      | 0,46  | 3   | 3,7 | 4,1 |
| <b>Kriteria Cost</b>          |       |     |     |     |
| Investasi                     | 0,41  | 2,7 | 3,4 | 4,4 |
| Biaya pengoperasian           | 0,33  | 2,7 | 3,3 | 4,4 |
| Biaya perawatan               | 0,26  | 2,3 | 3,4 | 4,2 |
| <b>Kriteria Operational</b>   |       |     |     |     |
| Kemudahan pengoperasian       | 0,24  | 3,8 | 3,9 | 4,3 |
| Kemudahan perawatan           | 0,21  | 3   | 3,6 | 4,5 |
| Keselamatan pengoperasian     | 0,55  | 3,5 | 3,7 | 3,9 |

Tabel 6.  
Matriks ternormalisasi

|                               | A1   | A2   | A3   |
|-------------------------------|------|------|------|
| <b>Kriteria Environmental</b> |      |      |      |
| Tempat untuk instalasi        | 0,85 | 0,10 | 0,13 |
| Polusi udara                  | 0,06 | 0,10 | 0,14 |
| Kebisingan                    | 0,05 | 0,11 | 0,13 |
| <b>Kriteria Technical</b>     |      |      |      |
| Kemudahan instalasi           | 0,08 | 0,10 | 0,11 |
| Lama pemasangan               | 0,09 | 0,11 | 0,12 |
| Lifetime                      | 0,09 | 0,11 | 0,12 |
| <b>Kriteria Cost</b>          |      |      |      |
| Investasi                     | 0,08 | 0,10 | 0,13 |
| Biaya pengoperasian           | 0,08 | 0,10 | 0,13 |
| Biaya perawatan               | 0,07 | 0,11 | 0,13 |
| <b>Kriteria Operational</b>   |      |      |      |
| Kemudahan pengoperasian       | 0,10 | 0,10 | 0,11 |
| Kemudahan perawatan           | 0,08 | 0,10 | 0,12 |
| Keselamatan pengoperasian     | 0,11 | 0,11 | 0,12 |

**Langkah 8.** Mencari nilai preferensi dari setiap alternatif terhadap kriteria yang ada.

**Langkah 9.** Dari nilai preferensi (CC) setiap alternatif terhadap kriteria yang telah dihitung, dicari kembali matriks normalisasi.

Tabel 7.  
Matriks ternormalisasi terbobot

|                               | A1   | A2   | A3   |
|-------------------------------|------|------|------|
| <b>Kriteria Environmental</b> |      |      |      |
| Tempat untuk instalasi        | 0,28 | 0,03 | 0,04 |
| Polusi udara                  | 0,03 | 0,04 | 0,06 |
| Kebisingan                    | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
| <b>Kriteria Technical</b>     |      |      |      |
| Kemudahan instalasi           | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| Lama pemasangan               | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Lifetime                      | 0,04 | 0,05 | 0,06 |
| <b>Kriteria Cost</b>          |      |      |      |
| Investasi                     | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| Biaya pengoperasian           | 0,03 | 0,03 | 0,04 |
| Biaya perawatan               | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| <b>Kriteria Operational</b>   |      |      |      |
| Kemudahan pengoperasian       | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Kemudahan perawatan           | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| Keselamatan pengoperasian     | 0,06 | 0,06 | 0,07 |

**Langkah 10.** Matriks ternormalisasi terbobot dihitung berdasarkan perkalian antara matriks ternormalisasi dengan bobot yang telah ditentukan pada **Langkah 2** metode TOPSIS ini.

**Langkah 11.** Setelah didapatkan matriks ternormalisasi terbobot, maka bisa dicari solusi ideal positif dan solusi ideal dari setiap kriteria.

**Langkah 12.** Menghitung jarak antara setiap alternatif dengan solusi ideal yang telah didapatkan dan nilai preferensi dari setiap alternatif tersebut.

Tabel 8.  
Matriks normalisasi terbobot dari setiap kriteria

|               | A1  | A2   | A3   |
|---------------|-----|------|------|
| Environmental | 0,0 | 0,42 | 0,77 |
| Technical     | 0,0 | 0,44 | 0,73 |
| Cost          | 0,0 | 0,37 | 0,84 |
| Operational   | 0,0 | 0,36 | 0,85 |

Tabel 9.  
Jarak setiap alternatif dengan solusi ideal yang ada dan nilai preferensi dari setiap alternatif

| Alternatif | A+    | A-    | CC    |
|------------|-------|-------|-------|
| Diesel     | 0,422 | 0,000 | 0,000 |
| Gas        | 0,204 | 0,222 | 0,521 |
| PLN        | 0,000 | 0,422 | 1,000 |

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan di atas, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Total kebutuhan daya pada ORF adalah sebesar 214,60 kilowatt termasuk daya yang digunakan untuk kondisi starting.
- b. Dengan menggunakan dua pendekatan perhitungan yang berbeda, alternatif yang terpilih tetaplah sistem supply dari PLN dengan nilai preferensi terbesar.
- c. Wiring diagram dan Online diagram dikerjakan sebagai dasar desain sistem kelistrikan di ORF Celukan Bawang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Moch, P. Adhi Darma.(2014). Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 s.d 2020. Pengembangan Sistem Kelistrikan dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang.
- [2] D. Dordes, L. Branko, K. Ivan. (2014, Feb). Problem of Boil – off in LNG Supply Chain. Available : [http://www.toms.com.hr/archive/vol2/no2/toms\\_vol2no2\\_doi001.pdf](http://www.toms.com.hr/archive/vol2/no2/toms_vol2no2_doi001.pdf)
- [3] International Gas Union. World LNG Report. Malaysia: International Gas Union. (2011).
- [4] N. Meliya, Sutarman, S.Rachmad. (2012). Aplikasi Metode TOPSIS fuzzy dalam Menentukan Prioritas Kawasan Perumahan di Kecamatan Percut Sei Tuan. Sainia Matematika. 101-102
- [5] M. Djiteng."Pembangkitan Energi Listrik". Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.(2010)
- [6] J. Aleksandar, S. Suzana, J. Goran. Multi Criteria Decision Support for Optimal Distributed Generation Dispatch. International Symposium on Environmental-Friendly Energies and Applications. Nis: Northumbria University. (2012)