

---

# Analisis Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik di PT XYZ

Pujianto, Astrie Kusuma Dewi, Anton Mulyono  
*Politeknik Energi dan Mineral Akamigas (PEM Akamigas), Cepu*

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 20 Januari 2021  
Direvisi : 29 Januari 2021  
Disetujui : 20 Februari 2021  
Terbit : 30 Juni 2021

Email korespondensi:  
*pujianto@esdm.go.id*

Laman daring:  
<https://doi.org/10.37525/mz/2021-1/262>

## ABSTRAK

Dalam sistem tenaga listrik, studi aliran beban sangat diperlukan dalam perhitungan maupun simulasi sebagai acuan dalam perbaikan sistem agar lebih optimal. Analisis aliran beban dapat dilakukan dalam berbagai metode, antara lain dengan menggunakan perangkat lunak, salah satunya ETAP Power Station yang mendukung dalam hal studi aliran beban. Untuk proses pembangkitan listrik di PT.XYZ ditemukan beberapa pengaturan yang kurang tepat sehingga beberapa titik ditemukan adanya over voltage, under voltage, dan overload pada jaringan distribusi listrik. Selain itu, rencana pemindahan Generator D3512B2 untuk area X menjadi pembahasan utama, solusi yang diambil dengan penyambungan jalur 20kV dari PLN diharapkan dapat menyalurkan tanpa ada gangguan pada distribusi listrik seperti yang sudah disimulasikan. Berdasarkan perhitungan keekonomian diprediksi dapat menghemat biaya operasi sampai dengan 50% dan mendapatkan Pay Back Period dalam jangka waktu 78 hari.

**Kata kunci:** Studi aliran beban, software ETAP, sumber listrik PLN

## ABSTRACT

*In electric power systems, flow studios are needed in calculations so that they can be repaired in the system to be more optimal. Load flow analysis can be carried out in a variety of methods, including using software, one of which is ETAP Power Station which supports load flow studies. For the electricity generation process in XYZ found some settings that are not appropriate according to some points found there are more than voltage, under voltage, and excess in the electricity distribution network. In addition, the plan to move the D3512B2 Generator to the X area is the main discussion, a solution taken with a 20kV line distributor from PLN which is expected to be able to channel without a connection to the approved electricity distribution. Based on economic calculations it is predicted to save operating costs up to 50% and get a repayment period within 78 days.*

**Keywords:** Study of load flow, ETAP software, PLN power source

## PENDAHULUAN

Dalam proses *lifting, processing* hingga *transferring* minyak mentah (*crude oil*) sebagai hasil dari aktivitas produksi masih menggunakan peralatan dan unit operasi yang memerlukan energi listrik sebagai sumber tenaga penggerakannya. Tenaga listrik yang dihasilkan bersumber dari pusat pembangkit yang terdiri dari beberapa unit *generator* yang digerakkan oleh *gas engine* dan *diesel engine*. Salah satu pembangkit yang memiliki sistem kelistrikan yang cukup kompleks yaitu pembangkit yang terdapat di PT.XYZ yang memiliki 2 unit pembangkit *Diesel Engine Generator* (DEG) D-3512B dan 1 unit *Gas Engine Generator* (GEG) G-3412NA untuk memenuhi seluruh kebutuhan listrik baik pada fasilitas umum maupun fasilitas produksi. Dalam proses pembangkitan, seiring dengan bertambahnya peralatan maupun unit operasi produksi yang berpengaruh terhadap perubahan beban. Hal ini menyebabkan kondisi jaringan sistem tenaga listrik menjadi semakin kompleks dan rumit. Tanpa adanya pengelolaan yang baik, maka akan memperbesar rugi-rugi daya yang terjadi serta memperburuk profil tegangan. Oleh karena itu, perlu adanya dilakukan studi aliran beban terkait penambahan beban yang terjadi.

Dalam pengolahan data diperlukan perangkat lunak untuk menyelesaikan studi aliran beban, salah satunya software ETAP Power Station. *Software ETAP Power Station* merupakan *software* yang digunakan untuk simulasi jaringan listrik, salah satunya menyelesaikan studi aliran beban.

*Software ETAP* juga telah diakui menjadi *software* berlisensi yang digunakan di seluruh wilayah kerja di Indonesia untuk keperluan simulasi suatu sistem distribusi tenaga listrik. Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada *software ETAP* maka diketahui besarnya rugi-rugi daya dan kondisi profil tegangan pada sistem tenaga listrik.

Selain ketidaksediaan data dalam pembuatan studi aliran beban yang menjadi kendala utama, perihal rencana untuk pengembangan dengan pemasangan PLN 20 kV sebagai pengganti *generator G3412NA* menjadi aspek yang harus dikaji lebih lanjut. Oleh karena itu perlu adanya suatu simulasi aliran beban dan studi nilai keekonomian terkait rencana pengembangan yang akan diambil sehingga dapat diketahui sejak dini dampak yang akan timbul dari proses pengembangan tersebut.

## METODE PENELITIAN

Dalam penulisan ini, penulis menggunakan metodologi penulisan sebagai berikut :

### 2.1 Pengumpulan Data

Untuk lokasi pengumpulan data dilakukan di pusat pembangkit PT. XYZ, dimana untuk data yang dikumpulkan berupa basis data pembangkitan, jalur distribusi dan beban-beban terpasang.

### 2.2 Permodelan dan Simulasi

Dari data yang diperoleh dibuat suatu permodelan baik dengan *software AutoCAD* dan ETAP untuk kemudian diketahui profil beban, gangguan yang ditimbulkan, dan

dampak terkait rencana pengembangan dengan pemasangan jalur PLN 20 kV.

2.3 Analisis dan Evaluasi

Setelah diketahui hasil dari simulasi maka penulis menganalisis penyebab gangguan dan metode untuk mengatasi gangguan tersebut, baik dengan cara pengaturan parameter pada peralatan listrik maupun dengan penambahan peralatan di lokasi tempat terjadinya gangguan. Selain itu dapat dianalisis terkait rencana pengembangan jalur PLN 20kV yang berdampak pada sistem kelistrikan yang ada.

2.4 Tinjauan Keekonomian

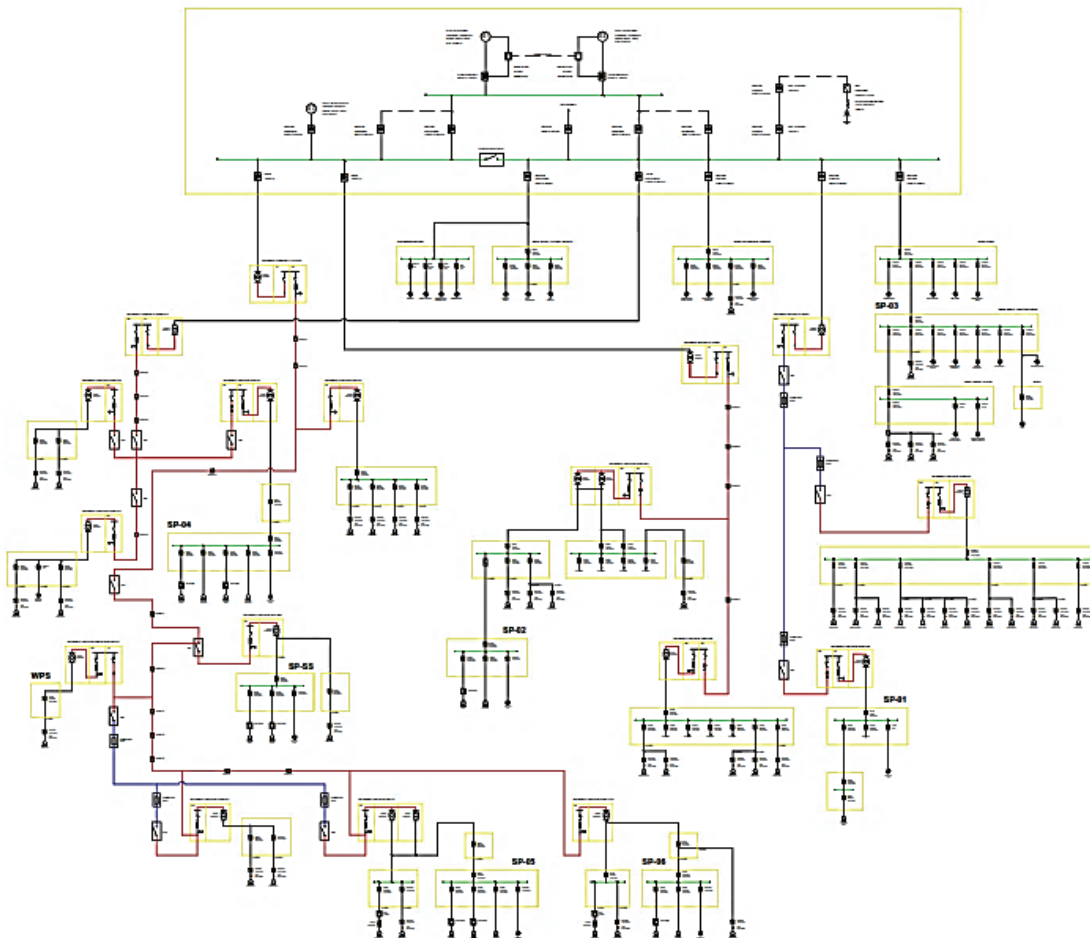
Dalam rencana pengembangan jalur PLN 20kV, selain ditinjau dari aspek kelistrikannya juga dapat ditinjau dari aspek ekonomi baik dari penghematan yang diperoleh maupun *pay back period* dari suatu rencana pengembangan yang dilakukan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam pembahasan penelitian ini penulis berfokus kepada permodelan sistem, simulasi data, analisis data, evaluasi data dan keekonomian. Adapun rincian pembahasan sebagai berikut :

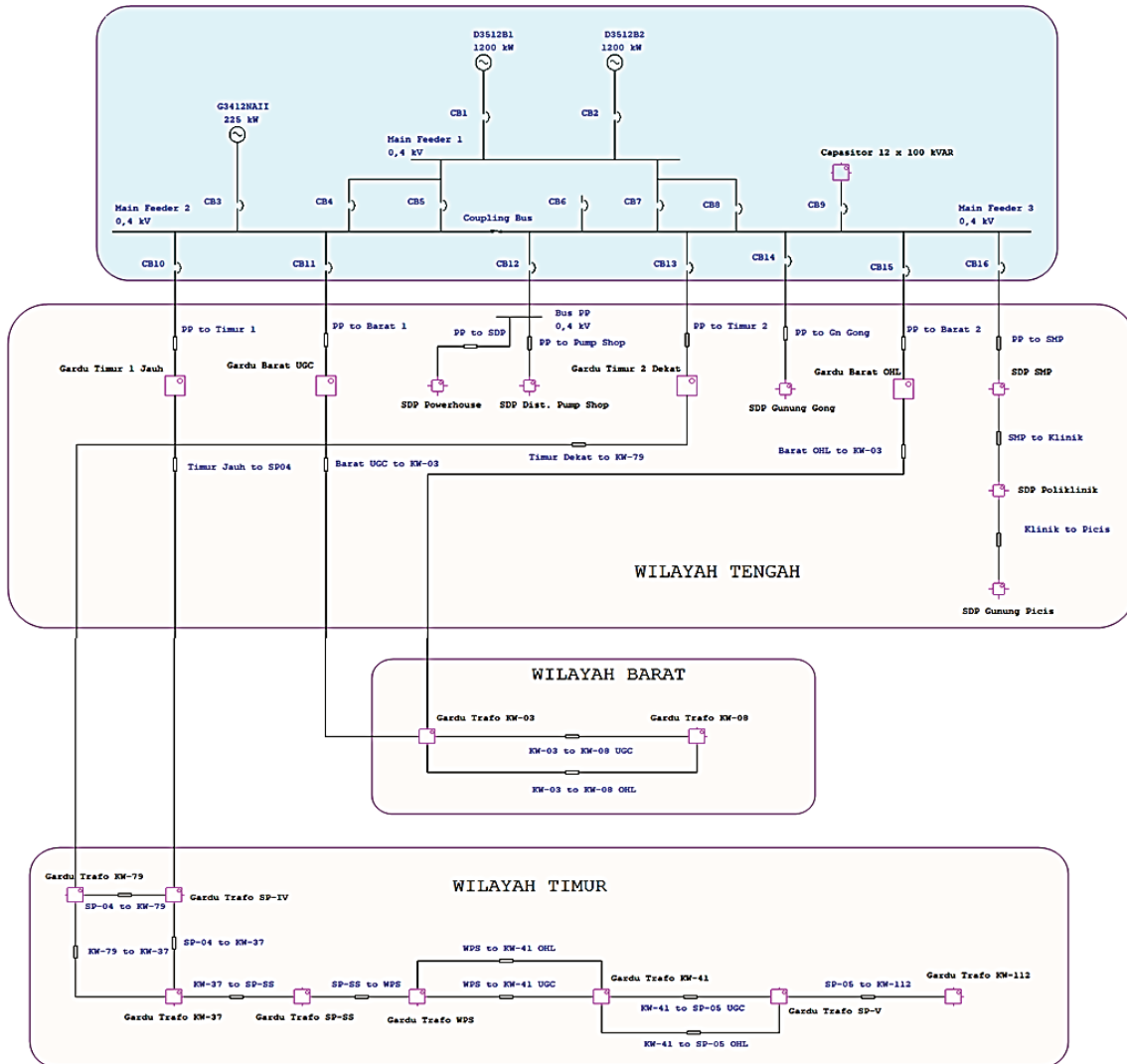
3.1 Permodelan Sistem Distribusi

Permodelan sistem dilakukan dengan 2 tahapan yaitu tahap pertama dengan pembuatan *Single Line Diagram* (SLD) menggunakan *software* AutoCAD dengan tujuan agar memudahkan dalam proses pengarsipan dan berbagi data serta untuk menentukan jarak kabel dari gardu trafo menuju titik beban baik Stasiun Pengumpul maupun sumur produksi yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil *Single Line Diagram* (SLD) Pembangkit Tenaga Listrik

Dilanjutkan dengan permodelan menggunakan *software* ETAP yang dalam pembuatannya menyertakan spesifikasi peralatan secara detail untuk kebutuhan simulasi, yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Permodelan dengan *Software* ETAP untuk Pembangkit

### 3.2 Simulasi dan Analisis Gangguan

Simulasi akan dilakukan secara bertahap untuk semua Stasiun Pengumpul secara bergantian yang kemudian akan dibuat daftar gangguan dan dianalisis untuk menentukan tindakan yang evaluasi. Untuk simulasi dilakukan di 6 SP antara lain SP-01, SP-02, SP-SS, SP-04, SP-05 dan SP-06. Dalam hasil simulasi, terdapat kondisi *critical* yang ditandai dengan komponen berwarna merah

yang artinya perlu dilakukan evaluasi segera agar sistem tetap aman dan kondisi *marginal* yang ditandai dengan komponen berwarna ungu artinya masih dalam batas toleransi keadaan aman namun tetap evaluasi sehingga dapat dicegah sejak dini potensi terjadinya gangguan di kemudian hari.

Adapun hasil simulasi dan analisis yang sudah dilakukan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Simulasi Gangguan

Tingkat Gangguan	Jenis Gangguan
<i>Marginal</i>	14 lokasi gangguan <i>over voltage</i> , 2 lokasi gangguan <i>overload</i> dan 7 gangguan <i>under voltage</i>
<i>Critical</i>	4 lokasi gangguan <i>overload</i> pada trafo Gardu Distribusi

Adapun rincian hasil analisis gangguan *critical* sebagai berikut :

1. Untuk Trafo KW-03 2 (200 kVA) terindikasi *overload* dimana untuk pengaturan *alert* pada transformator sebesar 50%, sedangkan beban operasi sebesar 110.3 kVA yaitu 55.2% dari kapasitas trafo. Hal tersebut terjadi saat pompa transfer SP-01 dan SP-02 dioperasikan.
2. Untuk Trafo KW-03 3 (200 kVA) terindikasi *overload* dimana untuk pengaturan *alert* pada transformator sebesar 50%, sedangkan beban operasi sebesar 110.3 kVA yaitu 55.2% dari kapasitas trafo. Hal tersebut terjadi saat pompa transfer SP-01 dan SP-02 dioperasikan.
3. Untuk Trafo KW-05 2 (200 kVA) terindikasi *overload* dimana untuk pengaturan *alert* pada transformator sebesar 50%, sedangkan beban operasi sebesar 198.7 kVA yaitu 99.35% dari kapasitas trafo. Hal tersebut terjadi saat pompa transfer SP dioperasikan.
4. Untuk Trafo Timur Jauh (1000 kVA) terindikasi *overload* dimana untuk pengaturan *alert* pada transformator sebesar 50%, sedangkan beban operasi sebesar 519 kVA yaitu 51.9% dari kapasitas trafo. Hal tersebut terjadi saat pompa transfer SP-SS dioperasikan.

Adapun rincian hasil analisis gangguan *marginal* sebagai berikut :

1. Untuk Bus Gudang Handak terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan

- operasi 380V namun terukur 413V atau 108.7% dari tegangan operasi.
2. Untuk Bus Kantor Desa terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 361V atau 94.9% dari tegangan operasi.
3. Untuk Bus KW-03 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 409V atau 107.7% dari tegangan operasi.
4. Untuk Bus KW-06 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 408V atau 107.3% dari tegangan operasi.
5. Untuk Bus KW-08 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 409V atau 107.7% dari tegangan operasi.
6. Untuk Bus KW-13 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 406V atau 106.8% dari tegangan operasi.
7. Untuk Bus KW-17 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 407V atau 107.2% dari tegangan operasi.
8. Untuk Bus KW-22T terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 405V atau 106.5% dari tegangan operasi.
9. Untuk Bus KW-36 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 399V atau 105% dari tegangan operasi.
10. Untuk Bus KW-36T terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 399V atau 105% dari tegangan operasi.
11. Untuk Bus KW-71 terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 354V atau 93.1% dari tegangan operasi.
12. Untuk Bus KW-77 terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 359V atau 94.4% dari tegangan operasi.
13. Untuk Bus KW-84 terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 360V atau 94.7%



- dari tegangan operasi.
14. Untuk Bus KWP-01 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 404V atau 106.4% dari tegangan operasi.
  15. Untuk Bus KWP-20 terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 357V atau 93.8% dari tegangan operasi.
  16. Untuk Bus Picis terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 361V atau 95% dari tegangan operasi.
  17. Untuk Bus Sarana Umum terindikasi *under voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 361V atau 95% dari tegangan operasi.
  18. Untuk Bus SP-01 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 413V atau 108.6% dari tegangan operasi.
  19. Untuk Bus SP-02 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 409V atau 107.7% dari tegangan operasi.
  20. Untuk Bus SP-04 04 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 416V atau 109.5% dari tegangan operasi.
  21. Untuk Bus SP-SS 03 terindikasi *over voltage*, dimana rating tegangan operasi 380V namun terukur 412V atau 108.2% dari tegangan operasi.
  22. Untuk Trafo SP-05 1 (200 kVA) terindikasi mendekati batas *overload* dimana untuk pengaturan *alert* pada transformator sebesar 50%, sedangkan beban operasi sebesar 97.9 kVA yaitu 49% dari kapasitas trafo. Hal tersebut terjadi saat pompa transfer SP-01, SP-02, SP-04 dan SP-06.
  23. Untuk Trafo Timur Jauh (1000 kVA) terindikasi mendekati batas *overload* dimana untuk pengaturan *alert* pada transformator sebesar 50%, sedangkan beban operasi sebesar 493 kVA yaitu 49% dari kapasitas trafo. Hal tersebut terjadi saat pompa transfer SP-04 dan SP-05.

Adapun rincian hasil evaluasi gangguan

*critical* sebagai berikut :

1. Untuk Trafo KW-03 2, pembebanan trafo masih di bawah batas pembebanan yang ditetapkan oleh PT. PLN yaitu 80% pembebanan ideal, maka hal tersebut ditindaklanjuti dengan mengubah pengaturan *alert* pada 65% atau 130 KVA.
2. Untuk Trafo KW-03 3, pembebanan trafo masih di bawah batas pembebanan yang ditetapkan oleh PT. PLN yaitu 80% pembebanan ideal), maka hal tersebut ditindaklanjuti dengan mengubah pengaturan *alert* pada 65% atau 130 KVA.
3. Untuk Trafo SP-05 2, trafo tersebut merupakan trafo yang diparalel dengan Trafo SP-05 1, namun berbeda pengaturan tapping pada masing-masing trafo mengakibatkan perbedaan nilai impedansi dan tegangan impedansi sehingga beban tidak seimbang dan menyebabkan salah satu trafo mengalami *overload*. Solusinya dengan mengubah tapping untuk kedua trafo menjadi skala 5.
4. Untuk Trafo Timur Jauh, pembebanan trafo masih di bawah batas pembebanan yang ditetapkan oleh PT. PLN yaitu 80% pembebanan ideal, maka hal tersebut ditindaklanjuti dengan mengubah pengaturan *alert* pada 65% atau 650 KVA.

Adapun rincian hasil evaluasi gangguan *marginal* sebagai berikut :

1. Untuk Bus Gudang Handak dan Bus KW-36T terindikasi terjadi *over voltage* dimana masih disuplai oleh Trafo KW-37, oleh karena itu solusi yang dilakukan dengan menurunkan *tapping* hingga ke nominal tegangan yang ideal +/- 5% dari 380V dari *tap* 5 menjadi 3.
2. Untuk Bus KW-03, Bus KW-06, Bus KW-22T, Bus KWP-01 dan Bus SP-02 terindikasi terjadi *over voltage* dimana masih disuplai oleh Trafo KW-03 2 dan Trafo KW-03 3, oleh karena itu solusi yang dilakukan dengan menurunkan *tapping* hingga ke nominal tegangan

- yang ideal +/- 5% dari 380V dari *tap* 5 menjadi 4.
3. Untuk Bus SP-01 terindikasi terjadi *over voltage* dimana masih disuplai oleh Trafo KW-08 2, oleh karena itu solusi yang dilakukan dengan menurunkan *tapping* hingga ke nominal tegangan yang ideal +/- 5% dari 380V dari *tap* 5 menjadi 3.
  4. Untuk Bus KW-08, Bus KW-13 dan Bus KW-17 terindikasi terjadi *over voltage* dimana masih disuplai oleh Trafo KW-08 1, oleh karena itu solusi yang dilakukan dengan menurunkan *tapping* hingga ke nominal tegangan yang ideal +/- 5% dari 380V dari *tap* 5 menjadi 4.
  5. Untuk Bus SP-04 terindikasi terjadi *over voltage* dimana masih disuplai oleh Trafo SP-04 2, oleh karena itu solusi yang dilakukan dengan menurunkan *tapping* hingga ke nominal tegangan yang ideal +/- 5% dari 380V dari *tap* 5 menjadi 3.
  6. Untuk Bus SP-SS 03 terindikasi terjadi *over voltage* dimana masih disuplai oleh Trafo SP-SS, oleh karena itu solusi yang dilakukan dengan menurunkan *tapping* hingga ke nominal tegangan yang ideal +/- 5% dari 380V dari *tap* 5 menjadi 3.
  7. Untuk Trafo SP-05 1, pembebanan trafo masih di bawah batas pembebanan yang ditetapkan oleh PT. PLN yaitu 80% pembebanan ideal maka hal tersebut ditindaklanjuti dengan mengubah pengaturan *alert* pada 65% atau 130 KVA.
  8. Untuk Trafo Timur Jauh, pembebanan trafo masih di bawah batas pembebanan yang ditetapkan oleh PT. PLN yaitu 80% pembebanan ideal maka hal tersebut ditindaklanjuti dengan mengubah pengaturan *alert* pada 65% atau 650 KVA.
  9. Untuk Bus KW-77 dan Bus KW-84, terjadi *under voltage* yang disebabkan ketidakseimbangan pada hubungan paralel Trafo SP-05 1 dan Trafo SP-05 2, setelah penyesuaian *tapping* (*tap* 5) tegangan kembali ke nominal tegangan

yang ideal +/- 5% dari 380V.

10. Untuk Bus Kantor Desa, Bus KW-71, Bus KWP-20, Bus Picis, Bus Sarana Umum masih dalam satu SDP yaitu SDP Gunung Picis dimana secara simulasi tegangan *input* sudah turun menjadi 361V, hal ini disebabkan karena jarak SDP dari Pembangkit sejauh 720 meter.
11. Untuk itu perlu dinaikan tegangan dengan pengadaan transformator *step up* 380V to 400/440/460 V dengan kapasitas 125 kVA.

### 3.3 Pengembangan dan Keekonomian

Rencana penyambungan jalur PLN 20kV dengan kapasitas kebutuhan daya sebesar 1450 kVA yang akan menggantikan *Generator* D3512B2 dengan kapasitas 1500 kVA. Berdasarkan hasil simulasi tidak ditemukan gangguan baik pada tegangan kabel, bus ataupun perangkat listrik lainnya. Hal ini dapat dimungkinkan apabila hasil temuan sebelumnya sudah dilakukan.

Untuk aspek keekonomian pada penelitian ini yaitu dengan menghitung nilai penghematan dan waktu pengembalian modal atau *Pay Back Period* (PBP). Untuk itu harus diketahui nilai investasi awal yang ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Biaya Investasi Awal

Investasi	Harga (Rp)
<i>Biaya Penyambungan Baru</i>	914.950.000,-
<i>Uang Jaminan Langganan</i>	326.250.000,-
<i>Sertifikat Laik Operasi</i>	20.000.000,-
<i>Transformator 1.8 MVA, 20/0.4 kV</i>	290.000.000,-
<i>Cubicle 20 kV, 720 A</i>	150.000.000,-
<i>Pembuatan Gardu Trafo &amp; Instalasi</i>	487.000.000,-
<i>Total Investasi</i>	2.188.200.000,-

Dari hasil perhitungan biaya investasi

dapat diketahui nilai penghematan dari rencana pengembangan ini. Dalam penelitian ini digunakan sampling data selama satu bulan yaitu pada bulan Maret 2019. Adapun parameter untuk mengetahui persentase penghematan dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Persentase Hasil Penghematan

Konsumsi Energi dan Biaya	Harga (Rp)
Konsumsi Energi rata-rata	914.950.000,-
Konsumsi Energi Reaktif	326.250.000,-
Konsumsi Solar rata-rata	20.000.000,-
Biaya Solar	290.000.000,-
Tarif untuk Rp./kWh LWBP	150.000.000,-
Tarif untuk Rp./kWh WBP	487.000.000,-
Tarif untuk Rp./kVARh	2.188.200.000,-
Total Biaya PLN (kWh+kVARh)	28.075.287,-
Biaya PM250 dan PM2000	1.728.000,-
Biaya Pembangkitan Genset	2.544,-
Biaya Pembangkit (kWh+kVARh)	1.279,-
Penghematan Pemakaian Listrik	50 %

Setelah memperoleh perhitungan biaya investasi serta potensi penghematan yang dapat diperoleh. Perlu kita ketahui nilai *Pay Back Period* (PBP) dari proyek ini dengan membandingkan pemakaian energi, biaya pembangkitan genset, biaya pembangkitan PLN selama kurun waktu satu tahun. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan *Pay Back Period*

Konsumsi Energi dan Biaya	Harga (Rp)
Pemakaian Energi 1 tahun	8.011.750,-
Biaya Pembangkitan Genset 1 tahun	20.389.036.247,-
Biaya Pembangkitan PLN 1 tahun	10.247.479.937,-
Penghematan 1 tahun	10.141.556.309,-
Pay Back Periode (PBP)	2.59 Bulan

## KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa analisis yang telah dilakukan untuk melakukan kajian simulasi aliran beban pada sistem tenaga listrik di PT XYZ, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan terdapat 3 unit trafo (KW-03 2, KW-03 3 dan Timur Jauh) mengalami *overload* melebihi 50% dari kapasitas trafo, beberapa *bus load* mengalami *over voltage* diakibatkan pengaturan *tapping* trafo yang tidak sesuai dan pada SDP Gunung Picis mengalami *under voltage* diakibatkan beban dan jarak kabel sehingga mengakibatkan tegangan jatuh dapat ditindaklanjuti dengan pemasangan transformator 125 kVA yang sesuai. Gangguan *overload* terbesar terjadi pada trafo SP-05 yang mencapai 96%, hampir mendekati kapasitas maksimum trafo, hal ini disebabkan pengaturan *tapping* yang berbeda disaat trafo dihubung *parallel*.
2. Dari hasil simulasi dapat disimpulkan terkait rencana penyambungan jalur PLN 20 kV sudah layak untuk dilakukan, dikarenakan tidak ada temuan potensi gangguan selama sumber PLN 20 kV dioperasikan.
3. Secara keekonomian dari biaya investasi yang digunakan apabila dibandingkan dengan biaya operasional perusahaan dapat menghemat sebesar 50% setiap hari operasi dan untuk nilai *Pay Back Period* dapat terpenuhi dalam 78 hari.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Efendi, Juri. (2018). Analisis Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP 12.6. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hadi Saadat. (1999). Power System Analysis. McGraw-Hill, Singapore.
- Kumulo, Cahyo. (2018). Analisis Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik Di KSO XYZ Menggunakan Software ETAP 12.6. PT. Prolindo Aditya Prima Surabaya, Surabaya.
- Marsudi, Djiteng, Ir. (2005). Pembangkitan Energi Listrik. Erlangga, Jakarta.
- Prasudyana, ST. Electric Protection. Pusdiklat Migas, Cepu.
- SJ. Masykur, Ir., MT. (2016). Analisis Sistem Tenaga Listrik. USU Press, Medan.
- Zuhal. (1982). Dasar Tenaga Listrik. Penerbit ITB, Bandung.

