

## ANALISA TEKNO EKONOMI PEMBANGUNAN GARDU INDUK 150kV TEROTOMASI UNTUK INDUSTRI

Yogi Priyo Istiyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>STTM Muhammadiyah Tangerang

<sup>1</sup>jl. KH Syekh Nawawi (jl.pemda) Km 4 No.13 Matagara Kabupaten Tangerang Banten 15721, Indonesia.

[yogimasterplan2018@gmail.com](mailto:yogimasterplan2018@gmail.com)

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 20-04-2020  
revisi : 21-04-2020  
diterima : 22-10-2020  
dipublish : 23-10-2020

### ABSTRAK

Meningkatnya kebutuhan dan gangguan yang kerap kali terjadi pada sistem energi listrik merupakan permasalahan yang saat ini dihadapi oleh PT. Tire Indonesia Tbk. Saat ini kebutuhan total daya PT. Tire Indonesia Tbk mencapai 86,65MVA dengan durasi gangguan yang mencapai 5918 menit pada tahun 2016. Solusi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pembangunan Gardu Induk (GI) dan rekonfigurasi jaringan. Setelah pembangunan Gardu Induk (GI) dan rekonfigurasi jaringan distribusi listrik di beberapa penyulang baru, hasilnya sistem jaringan baru mampu dijalankan secara normal di *Electric Transient and Analysis Program (ETAP) software*. Perencanaan tersebut membutuhkan biaya sebesar Rp. 245.700.000.000,00 dengan *pay back period* 3 tahun 8 bulan. Pembangunan Gardu Induk (GI) dan rekonfigurasi jaringan dapat memberikan keuntungan bagi PT. Tire Indonesia Tbk.

*Kata kunci : energi listrik; ETAP; tekno ekonomi; gardu induk*

### ABSTRACT

***Techno Economic Analysis Of The Development Automated 150kV Substation For Industry.*** The increasing demand of electrical energy and disruption that often occurs in electrical energy system are the problems currently faced by Tire Indonesia Ltd. Nowadays the total power requirements of Tire Indonesia Ltd reached 86.65MVA with the duration of disruption which reached 5918 minutes in 2016. these problems solution can be done by building a substation (GI) and network reconfiguration. After the construction of the substation (GI) and reconfiguration of the electricity distribution network in several new feeders, the result is that the new network system is able to run normally in the *Electric Transient and Analysis Program (ETAP) software*. For the construction of Tire Indonesia Ltd Substation and network reconfiguration, it costs Rp 245,700,000,000 with pay back period of 3 years 8 months. Substation building (GI) and network reconfiguration can provide benefits for Tire Indonesia Ltd.

*Keywords : electrical energy; ETAP; techno economic; substation*

## PENDAHULUAN

Gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem ketenagalistrikan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit menuju ke beban (*load*) (Gunawan & Sentosa, 2013). kehandalan sistem tenaga listrik harus mampu memberikan kontinuitas suplai yang baik ke beban.

Pada PT.Tire Indonesia Tbk, sumber energi listrik disuplai dari beberapa gardu distribusi 20kV milik PLN dengan kode TG364, TG435, TG449, KC106, KC364, dan KC400 serta dari pembangkit listrik milik perusahaan berupa diesel dan *gas engine*.

Seiring perkembangan zaman, kebutuhan energi listrik dan kebutuhan produksi di perusahaan ini juga meningkat. Hal ini menyebabkan manajemen PT. Tire Indonesia Tbk khususnya departemen utility sebagai penyedia sumber energi membuat kebijakan perencanaan pembangunan gardu induk 150kV. Oleh karena itu dibutuhkan kajian terlebih dahulu mengenai kelayakan teknis, operasional, dan ekonomi perencanaan pembangunan gardu induk 150kV di PT.Tire Indonesia Tbk untuk mengetahui untung dan rugi akibat dari pembangunan gardu induk 150 kV tersebut .

## TEORI

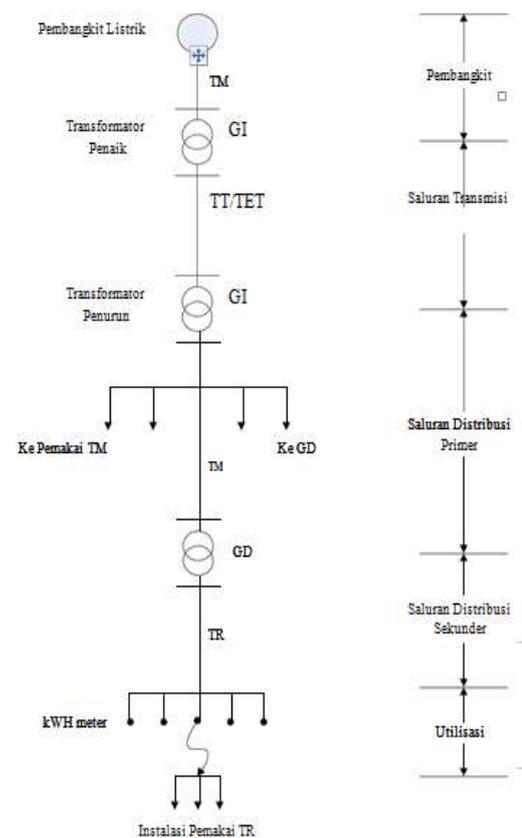
Kualitas daya listrik adalah hal yang sangat penting di Industri dan di rumah tangga karena kualitas daya yang buruk akan mengakibatkan kerusakan pada peralatan-peralatan listrik. Beban non linear merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kualitas daya listrik. Beban non-linear merupakan beban dimana gelombang keluaran arus dan tegangan tidak sama dengan gelombang

masukannya (mengalami distorsi) (Rizal, 2015).

## Gardu Induk

Gardu induk memegang peranan penting dalam sistem distribusi tenaga listrik. Gardu induk berperan dalam menerima dan menyalurkan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan beban (Saefulloh, 2013)

Untuk melakukan transmisi tenaga listrik dari suatu pembangkit digunakan tegangan 150kV atau tegangan ekstra tinggi 500kV lalu diturunkan menggunakan trafo *step down* yang terdapat pada gardu induk distribusi primer menjadi tegangan 20kV. Single line diagram sistem distribusi tenaga listrik ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik (Adam, 2018)

### ETAP (*Electric Transient And Analysis Program*)

ETAP merupakan *software* yang dapat digunakan menganalisa jaringan transmisi, jaringan distribusi dan pembangkitan tenaga listrik. Selain itu ETAP dapat digunakan untuk melakukan perencanaan suatu *project* sistem tenaga listrik (Hayusman et al., 2017).

### Analisa Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*)

Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang diakibatkan karena adanya kegagalan fungsi antar bagian-bagian yang bertegangan sehingga menimbulkan arus yang sangat besar, sehingga dapat merusak peralatan listrik yang ada disekitar titik gangguan (Al qoyyimi et al., 2017).

### Analisa Aliran Beban (*Load Flow Analysis*)

Analisa aliran beban adalah perhitungan kelistrikan yang berkaitan dengan tegangan, arus, daya aktif, faktor daya dan daya reaktif pada berbagai titik dalam jaringan sistem tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi dimasa yang akan datang (Cahyono, 2016).

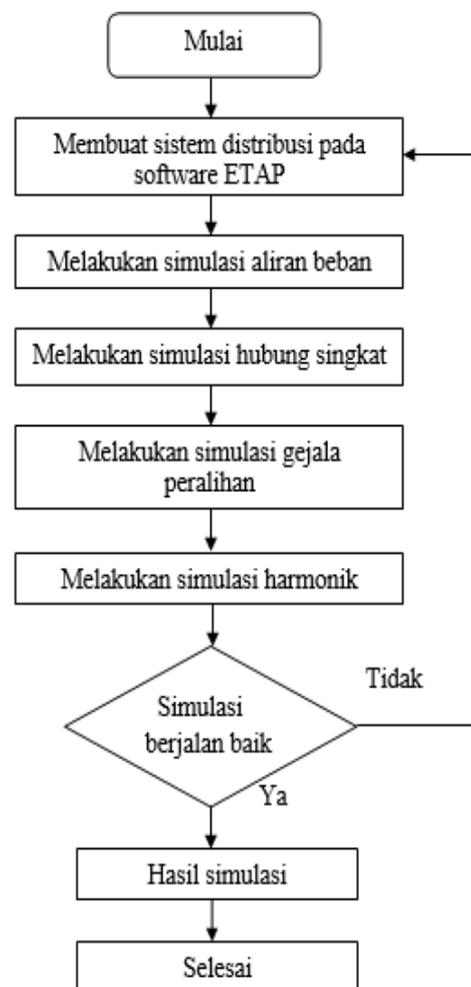
### Analisa Finansial (*Financial Analysis*)

Analisa finansial dilakukan dengan tujuan mengetahui kelayakan dari suatu usaha atau sistem yang dibuat dari sudut pandang perusahaan sebagai pemilik (Kusuma, 2014). Pada Analisis finansial hal-hal yang diperhatikan adalah *cash-flow* yaitu perbandingan hasil penerimaan atau penjualan kotor (*gross-sales*) dengan jumlah biaya-biaya (*total cost*) yang dinyatakan dalam nilai sekarang untuk mengetahui kriteria kelayakan atau

keuntungan suatu proyek. Hasil finansial disebut juga "*private returns*". Hal lain yang diperhatikan dalam analisis finansial adalah waktu didapatkannya *returns* sebelum pihak-pihak yang berkepentingan dalam pembangunan proyek kehabisan modal (Nardianto, 2019).

### METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan observasi dilapangan terlebih dahulu mengenai kapasitas beban yang akan ditanggung oleh gardu induk. Setelah itu membuat single line diagram dan simulasi sistem tenaga pada *software* ETAP. Tahapan penelitian ini diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada saat ini disalurkan melalui 6 gardu beton distribusi milik PLN. Gardu tersebut melayani tiap-tiap plant yang ada di PT. Tire Indonesia Tbk dan jaringan listrik dari tiap-tiap plant di PT. Tire Indonesia Tbk saling terhubung (*interconnection*). Berikut ini adalah tabel gardu distribusi beserta kapasitas yang disediakan dan gambar single line diagram jaringan distribusi listrik dari tiap-tiap plant di PT. Tire Indonesia Tbk.

**Tabel 1.** Gardu Distribusi 20kV

Kode Gardu Distribusi 20kV	Kapasitas (kVA)	Plant
TG364	16.000	A
TG449	9.055	B,C,H & I
TG435	9.450	B,C,H & I
KC364	21.500	D&K
KC106	7.500	E&R
KC400	23.145	M
Total	86.650	

Tabel diatas menjelaskan mengenai kapasitas masing-masing gardu distribusi yang ada di PT. Tire Indonesia Tbk. gardu TG365 yang mempunyai kapasitas 16.000kVA, TG449 mempunyai kapasitas 9.055kVA, TG435 mempunyai kapasitas 9.450kVA, KC364 mempunyai kapasitas 21.500kVA, KC106 mempunyai kapasitas 7.500kVA serta KC400 yang mempunyai kapasitas 21.146 kVA. 6 Buah gardu distribusi inilah yang menyuplai daya seluruh kegiatan produksi mulai dari *plant* A,B,C,H,I,D,K,E,R serta M. dengan total mencapai 86MVA.

### Gangguan Listrik Di Jaringan Distribusi Listrik

Gangguan listrik ini menyebabkan terganggunya proses produksi berupa scrap dari gagalnya proses produksi tersebut dan *potential loss tire* yang dapat

dihitung dari lamanya gangguan yang terjadi. Berikut tabel data frekuensi dan lama waktu gangguan dari 6 gardu distribusi 20kV dari bulan januari 2015 sampai april 2017.

**Tabel 2.** Gangguan dari Gardu PLN 20kV TG364

TG364					
2015			2016		
Bulan	Jml	Mnt	Bulan	Jml	Mnt
Jan-15	3	73	Jan-16	2	225
Feb-15	4	74	Feb-16	4	38
Mar-15	2	10	Mar-16	2	245
Apr-15	0	0	Apr-16	1	10
May-15	3	914	May-16	3	63
Jun-15	1	307	Jun-16	3	13
Jul-15	0	0	Jul-16	1	12
Aug-15	5	195	Aug-16	4	72
Sep-15	7	498	Sep-16	0	0
Oct-15	4	100	Oct-16	1	6
Nov-15	1	88	Nov-16	1	10
Dec-15	2	158	Dec-16	2	10
Total	32	2417	Total	24	704

Tahun 2015 gardu distribusi PLN TG364 mengalami gangguan sebanyak 32 kali dengan durasi total 2417 menit atau 40,28 jam. Di tahun berikutnya 2016 mengalami penurunan total frekuensi sebanyak 24 kali dengan durasi 704 menit atau 11,73 jam dan di tahun 2017 (data sampai bulan april) mengalami 6 kali gangguan dengan durasi waktu 16 menit. Pada bulan februari 2017 frekuensi 1 kali dengan durasi gangguan 5 menit, bulan maret 2017 frekuensi 1 kali durasi 1 menit serta pada bulan april 2017 frekuensi 4 kali dengan durasi selama 10 menit.

**Tabel 3.** Gangguan Dari Gardu PLN 20kV TG449

TG449					
2015			2016		
Bulan	Jml	Mnt	Bulan	Jml	Mnt
Jan-15	0	73	Jan-16	2	225
Feb-15	2	74	Feb-16	4	38
Mar-15	1	10	Mar-16	2	245
Apr-15	1	0	Apr-16	1	10
May-15	5	914	May-16	3	63
Jun-15	1	307	Jun-16	3	13
Jul-15	1	0	Jul-16	1	12
Aug-15	1	195	Aug-16	4	72
Sep-15	1	498	Sep-16	0	0
Oct-15	3	100	Oct-16	1	6
Nov-15	0	88	Nov-16	1	10
Dec-15	1	158	Dec-16	2	10
Total	17	2417	Total	24	704

Di TG449, tahun 2015 terjadi gangguan 17 kali dengan durasi 2417 menit, tahun 2016 sebanyak 24 kali durasi 704 menit dan tahun 2017 (sampai april) mengalami 16 kali durasi 3252 menit.

**Tabel 4.** Gangguan Dari Gardu PLN 20kV TG435

TG435					
2015			2016		
Bulan	Jml	Mnt	Bulan	Jml	Mnt
Jan-15	0	0	Jan-16	3	219
Feb-15	1	119	Feb-16	5	268
Mar-15	2	31	Mar-16	1	42
Apr-15	1	35	Apr-16	0	0
May-15	3	252	May-16	2	133
Jun-15	1	135	Jun-16	0	0
Jul-15	0	0	Jul-16	0	0
Aug-15	0	0	Aug-16	1	82
Sep-15	3	125	Sep-16	0	0
Oct-15	2	11	Oct-16	0	0
Nov-15	0	0	Nov-16	1	130
Dec-15	4	9	Dec-16	2	20
Total	17	717	Total	15	894

Pada tahun 2015 gardu distribusi PLN TG435 mengalami gangguan

sebanyak 17 kali dengan durasi total 717 menit atau 11,95 jam. Di tahun berikutnya 2016 mengalami penurunan total frekuensi sebanyak 15 kali dengan durasi 894 menit atau 14,9 jam dan di tahun 2017 (data sampai bulan april) mengalami 3 kali gangguan dengan durasi waktu 64 menit.

**Tabel 5.** Gangguan dari Gardu PLN 20kV TG364

KC364					
2015			2016		
Bulan	Jml	Mnt	Bulan	Jml	Mnt
Jan-15	3	73	Jan-16	2	225
Feb-15	4	74	Feb-16	4	38
Mar-15	2	10	Mar-16	2	245
Apr-15	0	0	Apr-16	1	10
May-15	3	914	May-16	3	63
Jun-15	1	307	Jun-16	3	13
Jul-15	0	0	Jul-16	1	12
Aug-15	5	195	Aug-16	4	72
Sep-15	7	498	Sep-16	0	0
Oct-15	4	100	Oct-16	1	6
Nov-15	1	88	Nov-16	1	10
Dec-15	2	158	Dec-16	2	10
Total	32	2417	Total	24	704

Tahun 2015 gardu distribusi PLN KC364 mengalami gangguan sebanyak 32 kali dengan durasi total 2417 menit atau 40,28 jam. Di tahun berikutnya 2016 mengalami penurunan total frekuensi sebanyak 24 kali dengan durasi 704 menit atau 11,73 jam dan di tahun 2017 (data sampai bulan april) mengalami 6 kali gangguan dengan durasi waktu 16 menit. Pada bulan januari 2017 frekuensi 1 kali dengan durasi gangguan selama 60 detik atau sekitar 1 menit dan di periode bulan february sampai dengan april 2017 tidak mengalami gangguan.

**Tabel 6.** Gangguan Dari Gardu PLN 20kV KC106

KC106					
2015			2016		
Bulan	Jml	Mnt	Bulan	Jml	Mnt
Jan-15	0	0	Jan-16	4	27
Feb-15	0	0	Feb-16	4	195
Mar-15	1	68	Mar-16	0	0
Apr-15	0	0	Apr-16	0	0
May-15	0	0	May-16	4	8
Jun-15	0	0	Jun-16	2	41
Jul-15	0	0	Jul-16	1	60
Aug-15	2	178	Aug-16	1	5
Sep-15	1	337	Sep-16	0	0
Oct-15	0	0	Oct-16	1	10
Nov-15	0	0	Nov-16	2	340
Dec-15	2	10	Dec-16	0	0
Total	6	593	Total	19	686

Di KC106, tahun 2015 terjadi gangguan 6 kali dengan durasi 593 menit, tahun 2016 sebanyak 19 kali durasi 686 menit dan tahun 2017 (sampai april) mengalami 2 kali durasi 2 menit.

**Tabel 7.** Gangguan Dari Gardu PLN 20kV KC400

KC400					
2015			2016		
Bulan	Jml	Mnt	Bulan	Jml	Mnt
Jan-15	0	0	Jan-16	4	27
Feb-15	0	0	Feb-16	4	195
Mar-15	1	68	Mar-16	0	0
Apr-15	0	0	Apr-16	0	0
May-15	0	0	May-16	4	8
Jun-15	0	0	Jun-16	2	41
Jul-15	0	0	Jul-16	1	60
Aug-15	2	178	Aug-16	1	5
Sep-15	1	337	Sep-16	0	0
Oct-15	0	0	Oct-16	1	10
Nov-15	0	0	Nov-16	2	340
Dec-15	2	10	Dec-16	0	0
Total	6	593	Total	19	686

Tahun 2015 gardu distribusi PLN KC400 mengalami gangguan sebanyak 13

kali dengan durasi total 766 menit atau 12,76 jam. Di tahun berikutnya 2016 mengalami penurunan total frekuensi sebanyak 19 kali dengan durasi 686 menit atau 11,43 jam dan di tahun 2017 (data sampai bulan april) mengalami 1 kali gangguan dengan durasi waktu 1 menit.

**Tabel 8.** Total Frekuensi dan Gangguan Setiap Tahun

Gardu	Gangguan Listrik Gardu PLN 20kV			
	2015		2016	
	Frek	Durasi	Frek	Durasi
TG364	32	2417	24	704
TG449	17	2375	16	3252
TG435	17	717	15	894
KC364	10	591	5	115
KC400	13	766	6	267
KC106	6	593	19	686
Total	95	7459	85	5918

\*) sampai april

### Pembuatan *Single Line Diagram*

Pembuatan gambar pada *software* ETAP dilakukan berdasarkan keadaan yang ada pada sistem distribusi tenaga listrik di PT. Tire Indonesia Tbk. Gambar sistem distribusi yang ada tersebut kemudian dihubungkan dengan sumber daya 120MVA yaitu gardu induk 150kV. Gambar pada *software* ETAP tersebut dapat di setiap sistem dan nilai arus hubung singkat yang terjadi.

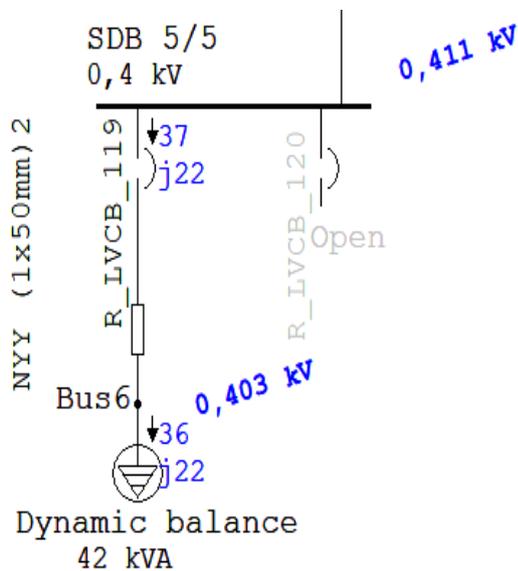
### Analisa Operasional

Analisis operasional yang dilakukan pada penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan *software* ETAP. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan operasi gardu induk yang telah dibuat menggunakan ETAP. Simulasi dilakukan pada semua jaringan penyulang 20kV di PT.Tire Indonesia Tbk agar dapat

mengetahui secara keseluruhan kemampuan operasi distribusi listrik di PT.Tire Indonesia Tbk. Berikut merupakan simulasi yang telah dilakukan.

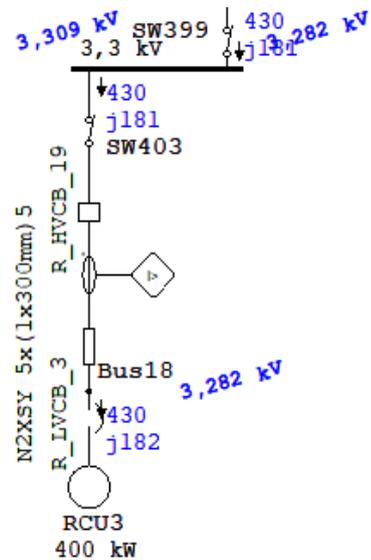
Dari hasil simulasi *load flow* jaringan keseluruhan terlihat bahwa jaringan tersebut tidak mengalami *overload* pada konduktor maupun beban. Hal ini mengindikasikan bahwa jaringan dapat difungsikan secara baik tanpa terjadi gangguan beban lebih.

### Load Flow Analysis



Gambar 3. Simulasi Load Flow Pada Bus 6

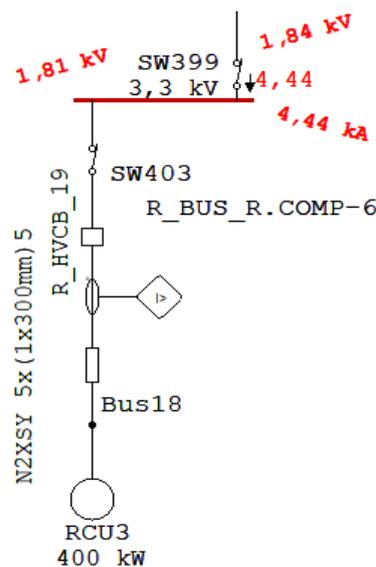
Berdasarkan *report* hasil simulasi tersebut diketahui bahwa bus 6 berada di level tegangan 0,4kV.



Gambar 4. Simulasi Load Flow pada bus 18

Pada bus 18 berada di level tegangan 3,3kV. Di bus 6 diketahui memiliki daya aktif sebesar 0,029MW, daya reaktif sebesar 0,018Mvar, arus yang mengalir sebesar 60,4 Ampere dan memiliki faktor daya sebesar 85%. Artinya, dalam keadaan normal rangkaian sistem distribusi listrik tersebut layak dijalankan melalui dua trafo dari gardu 150kV dan memiliki nilai normal seperti yang telah disebutkan di atas.

### Short Circuit Analysis



Gambar 5. Simulasi Short Circuit

Dari hasil analisis hubung singkat tersebut, maka dapat diketahui tingkat hubung singkat yang terjadi di bus ruang compressor 6 yang di beri sumber dari 2 trafo gardu 150kV sebagai berikut :

**Tabel 8.** Short circuit di bus ruang compressor 6

Hubung Singkat	kA
3 Phase	4,06
Line to Ground	4,323
Line To Line	3,168
Line to Line Ground	4,104

Kemampuan di bus ruang kompressor 6 memiliki Ip ( arus beban puncak) sampai 40kA dan Ik ( arus gangguan) sampai 16kA, jadi pada bus ruang ini mampu menahan arus gangguan yang terjadi.

### Analisa Finansial

Biaya investasi diasumsikan satu kali investasi saja. Biaya operasional dan pemeliharaan tahunan untuk fasilitas tersebut dapat dengan aman dihilangkan dari perhitungan karena jumlahnya cukup kecil (<1%) dibandingkan dengan investasi. Total biaya investasi adalah Rp. 239.410.000.000,00.

**Tabel 9.** Rincian Biaya Investasi

Item Pekerjaan	Biaya (Rp)
Jasa Konsultasi	9.450.000.000
Pekerjaan Sipil	15.660.000.000
Perlengkapan Utama Tegangan Tinggi	47.250.000.000
Transformator Daya (Berikut Aksesorisnya)	70.470.000.000
Instalasi Mekanik dan Elektrik (HV)	15.862.500.000
Instalasi Mekanik dan Elektrik (MV)	79.717.500.000
Total	238.410.000.000

### Perbedaan Tarif HV- MV.

Tarif listrik untuk konsumen I-3 (disuplai dari jaringan distribusi 20kV) lebih tinggi daripada konsumen I-4 (disuplai dari jaringan transmisi 150kV). Untuk memperkirakan biaya aktual yang terhindar dari perbedaan tarif ini, kita melipat gandakan perbedaan tarif dengan pemakaian listrik / kWh setiap tahunnya, sebagai berikut :

Berdasarkan kutipan dari Permen. ESDM No. 31 tahun 2014 tentang Tarif Dasar Listrik (tarif ini dikenakan penyesuaian tarif bulanan yang bergantung pada nilai tukar mata uang asing, indeks harga konsumen, dan harga minyak mentah).

- Tarif konsumen MV / I-3 (LWBP + WBP) per kWh:  $(\frac{20}{24} \times \text{Rp}.1.115) + (\frac{4}{24} \times 1,5 \times \text{Rp}.1.115) = \text{Rp}.1.207,9$
- Tarif konsumen HV / I-4 tarif datar per kWh : Rp.1.191,0
- Perbedaan tarif rata-rata per kWh: Rp.1.207,9 – Rp.1.191,0 = Rp.16,9
- Biaya tahunan 2015 berdasarkan tarif I-3:

$$\frac{(51.775.925 \text{ kWh} \times 1,5 \times \text{Rp}.1.115) + (260.178.759 \text{ kWh} \times \text{Rp}.1.115)}{\text{Rp}.13.200} = \text{Rp}.385.255.791.000$$

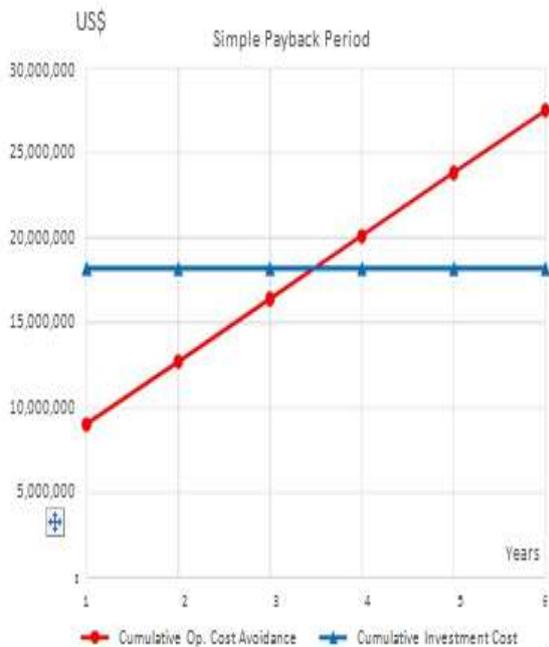
- Biaya tahunan 2015 berdasarkan tarif I-4:

$$\left( \frac{(51.775.925 \text{ kWh} + 260.178.759 \text{ kWh}) \times \text{Rp}.1.191}{\text{Rp}.13.200} \right) = \text{Rp}.379.982.070.000$$

Penghindaran biaya tahunan (*cost saving*) berdasarkan data konsumsi kWh tahun 2015:

$$\text{Rp}.385.255.791.000 - \text{Rp}.379.982.070.000 = \text{Rp}.5.273.721.000,00$$

## Kalkulasi



Gambar 6. Grafik pay back period

Berdasarkan gambar 6 biaya investasi akan kembali dalam kurun waktu 3 tahun 8 bulan.

## KESIMPULAN

Kerugian biaya dari skrap ban dan kehilangan ban (*production opportunity loss*) akibat gangguan gardu distribusi PLN 20kV pada tahun 2015 mencapai Rp. 44.585.950.500,-. Diketahui bahwa reliabilitas gardu induk 150kV lebih baik dari gardu PLN 20kV (*annual report* PLN P3B tahun 2013) sehingga diperlukan adanya gardu induk 150kV. Berdasarkan simulasi aliran beban diketahui bahwa bus 6 berada di level tegangan 0,4kV dan bus 18 berada di level tegangan 3,3kV. Di bus 6 diketahui memiliki daya aktif sebesar 0,029MW, daya reaktif sebesar 0,018Mvar, arus yang mengalir sebesar 60,4 Ampere. Untuk simulasi hubung singkat pada bus ruang compressor 6 memiliki  $I_p$  (arus beban puncak) sampai 40kA dan  $I_k$  (arus

gangguan simetris) sampai 16kA, pada simulasi arus hubung singkat yang dilakukan di penelitian ini bus ruang compressor 6 mampu menahan arus gangguan yang terjadi. Pembangunan gardu induk 150kV menelan biaya Rp.245.700.000.000,- dengan kapasitas daya 120MVA dapat dikatakan layak secara ekonomi karena mempunyai BEP yang relatif pendek yaitu 3,88 tahun

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Bapak H.Bunyamin, S.H., M.si Selaku Ketua STTM Muhammadiyah Tangerang, Bapak Dr.Ir.hendro Tjahyono, DEA. Selaku pembimbing penelitian, Bapak Lucky Ginanjar S.T Selaku Departemen Head Utiity yang telah membantu penelitian pada saat di lapangan serta istri dan anak yang telah membantu mendukung terlaksannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., & Kusuma, B. S. (2018). Analisa Perhitungan Susut Teknis Dengan Pendekatan Kurva Beban Pada Jaringan Distribusi PT. Pln (Persero) Cabang Kota Subulussalam. *SEMNASTEK UISU 2018*.
- Al qoyyimi, T. A., Penangsang, O., & Aryani, N. K. (2017). Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (Geographic Information System). *Jurnal Teknik ITS*. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i1.21297>
- Cahyono, M. R. A. (2016). Bahan Ajar Manajemen Energi. Politeknik Gajah Tunggal, Tangerang
- Erwan, D., Hadi, S., & Misbah. (2015). Studi Perencanaan Pembangunan

- Gardu Induk 150 kV - 200 MVA di PT . PLN Distribusi Jawa Timur Area Pelayanan Jaringan ( APJ ) SURABAYA SELATAN. *Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Gresik*.
- Gunawan, S. M., & Sentosa, J. (2013). Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Dimensi Teknik Elektro*.
- Hayusman, L. M., Hidayat, T., Saleh, C., Wartana, I. M., & Herbasuki, T. (2017). Pelatihan Software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) Bagi Siswa dan Guru SMK Nasionl Malang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*.
- Kumolo, C. (2016). Analisis gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik di kso pertamina ep – geo cepu indonesia distrik 1 kawengan menggunakan software etap 12.6. *Publikasi Imiah Teknik Elektro UMS*.
- Kusuma, P. T. W. W., & Mayasti, N. K. I. (2014). Analisa kelayakan finansial pengembangan usaha produksi komoditas lokal: mie berbasis jagung. *Agritech*, 34(2), 194-202.
- Nardianto, B. (2019). Studi Kelayakan dan Strategi Pengembangan Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) Pada Tambak Plastik di Kabupaten Kaur Provinsi BENGKULU (Studi Kasus pada PT XYZ). *Doctoral dissertation, Universitas Lampung*.
- Pramudya, B. (2014). *Ekonomi Teknik*. PT Penerbit IPB Press.
- PT PLN Persero. (2013). Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Rizal, M. H. (2015). Kualitas Daya Listrik Industri. *Universitas Indonesia*.
- Saefulloh, D. (2013). Perencanaan pengembangan gardu induk untuk 10 tahun ke depan. *Teknik Elektro Universitas Diponegoro*.
- Yuniarti, N., Sukisno, T., & Wiyono, G. (2004). Pengembangan Model Konservasi Energi pada Sektor Industri di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Pendidik. Tek. Elektro FT Univ. Negeri Yogyakarta*.