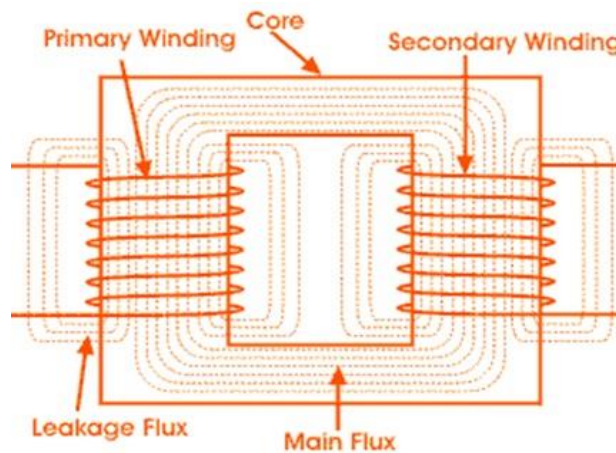


# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transformator daya merupakan salah satu jenis transformator yang digunakan untuk menaikkan tegangan (*step up*) atau menurunkan tegangan (*step down*). Berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.



Gambar 1. 1 Ilustrasi prinsip kerja trafo. [1]

Gambar 1.1 diatas merupakan gambaran teknis trafo, melibatkan kumparan trafo yang mengelilingi inti besi (*core*) dalam bentuk lilitan. Adanya inti trafo yang menghubungkan kumparan pada sisi primer (*primary winding*) dan kumparan pada sisi sekunder (*secondary winding*), maka fluks magnetic (*main flux*) akan mengalir bersama pada inti trafo dari kumparan primer menuju kumparan sekunder sehingga akan membangkitkan tegangan induksi pada sisi sekunder trafo (*leakage flux*).

Trafo daya memiliki beberapa jenis menurut fungsi dan pemakaiannya, antara lain : transformator pembangkit, transformator gardu induk dan transformator distribusi. Penelitian tugas akhir ini difokuskan di transformator daya yang digunakan di sistem distribusi.

Permasalahan yang paling mendasar pada distribusi tenaga listrik adalah bertambahnya pengguna tenaga listrik di daerah yang berkembang, memiliki keidentikan dengan semakin luasnya jaringan listrik ke daerah pengguna, sehingga masyarakat menuntut mutu dan pelayanan yang baik.[3] Untuk dapat meningkatkan mutu dan pelayanan kepada masyarakat pengguna tenaga listrik maka PLN diharapkan dapat meningkatkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik ke pelanggannya. Agar kontinuitas penyaluran tenaga listrik dapat memadai, maka diperlukan cara penilaian terhadap mutu dan tingkat keandalan.

Salah satu komponen dalam sistem distribusi yang menuntut keandalan tinggi adalah trafo daya. Trafo daya memiliki pengukuran kemampuan sistem dan fungsi yang beroperasi secara maksimum untuk mencapai level keandalan tertentu dengan rentang waktu yang spesifik. Faktor yang mempengaruhi keandalan pada transformator masuk kategori baik adalah ketika transformator daya tidak mudah rusak (*operation system*) dan kondisi *corrective* atau pemulihan dengan cepat ketika trafo daya mengalami gangguan darurat dan *outage* (*maintenance system*).

Untuk menghindari gangguan serius pada transformator daya yang menyebabkan kontinuitas pelayanan listrik terganggu dan berakibat kerugian secara ekonomi, maka dilakukan beberapa mekanisme pemeliharaan transformator daya, seperti : pengkondisian dehydrating breather, pengecekan minyak pernafasan (*silica gel*), kondisi dan level minyak trafo, pengecekan suhu pada minyak dan kumparan trafo, sistem pendingin yang meredam suhu panas trafo, kondisi bushing sebagai penyekat antara konduktor dengan tangki, dan penyediaan *spare* trafo daya.

Penelitian ini berfokus pada penyediaan *spare* trafo daya di sistem distribusi, sebagai salah satu mekanisme pemeliharaan. Terdapat sejumlah teknik dan metode yang digunakan dalam penyediaan *spare* trafo. Teknik yang biasa digunakan adalah : metode *Section Technique*, metode RIA (*Reliability Index Assesment*), metode Monte Carlo, metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), metode SFRA (*Sweep Frequency Response Analysis*), dan metode tingkat keandalan untuk mencapai indeks tertentu pada sistem distribusi.

Indikator utama metode yang digunakan adalah metode berbasis keandalan pada trafo daya di sistem distribusi. Metode ini digunakan sebagai tolak ukur penyediaan jumlah *spare* trafo di sistem distribusi. Pentingnya dalam penyediaan jumlah *spare* trafo daya di sistem distribusi, agar mampu memperhitungkan waktu *predictive maintenance* berdasarkan tingkat keandalan trafo daya yang dioperasikan berbasis *time of failure*.

Dengan menentukan penyediaan jumlah *spare* trafo menjadi solusi yang efektif sebagai bahan masukan untuk pengelola listrik di sistem distribusi. Sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan nilai ekonomis, dengan menyesuaikan tingkat keandalan trafo daya sesuai target yang ingin dicapai

### **1.1. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan jumlah cadangan atau *spare* trafo daya untuk mencapai tingkat keandalan tertentu.

### **1.2. Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan jumlah cadangan atau *spare* yang dibutuhkan untuk mencapai level keandalan tertentu.
2. Merekomendasikan metode penentuan jumlah cadangan atau *spare* trafo daya di sistem distribusi kepada pengelola sistem distribusi listrik.

### **1.3. Manfaat**

Dengan melakukan penelitian ini, diharapkan dapat memperoleh manfaat dari sisi praktis dan juga dari sisi akademis. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

### **1.3.1. Manfaat Akademis**

Manfaat di bidang akademis dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan jawaban akademis mengenai metode menentukan jumlah cadangan atau *spare* pada trafo daya di sistem distribusi untuk mencapai tingkat keandalan tertentu.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik mengenai metode menentukan jumlah cadangan atau *spare* pada trafo daya di sistem distribusi dengan mempertimbangkan tingkat keandalan tertentu yang ingin dicapai.

### **1.3.2. Manfaat Praktis**

Manfaat Praktis dari penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan atau rekomendasi bagi pengelola sistem distribusi listrik dalam menentukan jumlah *spare* trafo daya di sistem distribusi.
2. Penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengelola sistem distribusi listrik sebagai referensi dalam mengembangkan instruksi kerja di unit pemeliharaan tentang perhitungan penyediaan cadangan trafo daya di sistem distribusi dengan menggunakan metode keandalan trafo daya yang ingin dicapai.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini berfokus kepada transformator daya di sistem distribusi (tegangan menengah)
2. Perencanaan ini berfokus pada menghitung penyediaan cadangan trafo di sistem distribusi menggunakan metode tingkat keandalan tertentu.
3. Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Area Sukabumi

### 1.5. *State of the Art*

*State of the art* adalah pernyataan yang menunjukkan bahwa penyelesaian masalah yang diajukan merupakan hal yang berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti lain. Dalam bagian ini akan diuraikan secara singkat penelitian sebelumnya yang dapat memperkuat alasan mengapa penelitian ini akan dilakukan. Adapun *state of the art* penelitian lainnya dijabarkan sebagai berikut :

Tabel 1. 1 Tabel *State of The Art*

JUDUL	PENELITIAN	TAHUN	DESKRIPSI
<i>A Risk Assessment Method of Transformer Considering the Economi and Reliability</i>	Dun Lin, Yao-Yu Xu, Yu Liang, dkk	2017	Penelitian yang dilakukan adalah metode terkait penilaian risiko yang komprehensif tentang penilaian dari resiko transformator. Dengan hasil, mengevaluasi keandalan trafo dan analisa aliran daya di jaringan berdasarkan <i>index health</i> dan <i>outage</i> .
<i>A New Maintenance Decision Making Model based on Life Cycle Cost Analysis for Power Transformers</i>	Yiyi Zhang, Jian Jiao, Yude Yang, dkk	2016	Penelitian yang dilakukan menggunakan metode <i>Life Cycle Cost Analysis</i> . Dengan hasil membuat model pemeliharaan keputusan untuk memilih

JUDUL	PENELITIAN	TAHUN	DESKRIPSI
			strategi perawatan terbaik bagi transformator daya.
<i>Reliability Based Framework for Cost-Effective Replacement of Power Transmission</i>	Selma K.E. Awadallah, Jovica V. Milanović, Paul N. Jarman.	2014	Penelitian yang dilakukan menggunakan metode analisa perhitungan probabilistik. Dengan hasil membuat keputusan tentang penggantian peralatan tenaga yang mengalami penuaan dengan mengidentifikasi komponen terpenting di sistem keandalan.
<i>Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull</i>	J. Cristian Napitupulu, Panusur S.M.L. Tobing	2013	Penelitian yang dilakukan menggunakan metode distribusi weibull. Dengan hasil mendapatkan parameter dalam evaluasi keandalan distribusi peluang.
<i>Studi Perbaikan Keandalan Jaringan Distribusi Primer Dengan Pemasangan Gardu Induk Sisipan Di</i>	A. Soeprijanto and O. Penangsang	2012	Penelitian yang dilakukan menggunakan metode perbandingan keandalan jaringan distribusi primer sebelum dan sesudah

JUDUL	PENELITIAN	TAHUN	DESKRIPSI
<i>Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan</i>			pemasangan gardu induk sisipan dengan hasil rekomendasi untuk meningkatkan keandalan pada sistem jaringan distribusi primer.

Pada penelitian sebelumnya, Dun Lin, Yao-Yu Xu, Yu Liang melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *A Risk Assessment Method of Transformer Considering the Economy and Reliability* di tahun 2017. Di paper tersebut, Dun Lin et al melakukan penelitian terkait penilaian risiko yang komprehensif tentang metode penilaian dari resiko transformator. Dalam penelitian tersebut, menghasilkan evaluasi keandalan trafo dan probabilitas outage berdasarkan *index health* sehingga mengakibatkan peningkatan kehilangan aliran daya di jaringan dan pengurangan beban yang mempengaruhi nilai perekonomian.[3]

Sedangkan, Yiyi Zhang, Jian Jiao dan Yude Yang melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *A New Maintenance Decision Making Model based on Life Cycle Cost Analysis for Power Transformers* di tahun 2016. Di paper tersebut, Yiyi Zhang et al melakukan penelitian tentang membuat model keputusan pemeliharaan untuk memilih strategi perawatan terbaik bagi transformator daya. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisa keterkaitan hubungan antara tingkat kegagalan trafo dengan indeks kesehatan yang komprehensif, kemudian dibuat model evaluasi keandalan dalam bentuk simulasi berupa strategi perawatan trafo daya yang lebih optimal. Penelitian ini menghasilkan penawaran strategi peningkatan perawatan trafo daya berbasis strategi gangguan pada jenis perawatan trafo.[4]

Kemudian, Selma K.E. Awadallah, Jovica V. Milanović, Paul N. Jarman melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Reliability*



*Based Framework for Cost-Effective Replacement of Power Transmission* di tahun 2014. Di paper tersebut, Selma K.E. Awadallah et all melakukan penelitian mengenai analisa kerja probabilistik untuk membuat keputusan tentang penggantian peralatan tenaga yang mengalami penuaan. Dalam penelitian tersebut mengidentifikasi komponen terpenting di sistem keandalan dan melakukan analisis Pareto untuk melakukan penggantian komponen yang berpengaruh terhadap keandalan sistem. Analisis ini dilakukan sebagai penghematan reinvestasi tenaga listrik dengan menghindari penundaan waktu penggantian komponen yang mengalami penuaan. Hasil dari penelitian ini adalah kelayakan keandalan sistem tenaga dalam melakukan keputusan penggantian [5]

Sedangkan, J. Cristian Napitupulu dan Panusur S.M.L. Tobing melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull* di tahun 2013. Di paper tersebut, J. Cristian Napitupulu et all melakukan penelitian mengenai penjelasan metode distribusi weibull sebagai metode yang mampu menjadi parameter dalam evaluasi keandalan peluang distribusi. Dalam penelitian tersebut menekankan rincian metode yang menggunakan fungsi hazard (laju kegagalan) dan MTTF (*Mean Time To failure*) dan menghasilkan analisa pengukuran dari gangguan yang sering terjadi dan waktu maksimal MTTF terhadap umur peralatan trafo daya tersebut.[6]

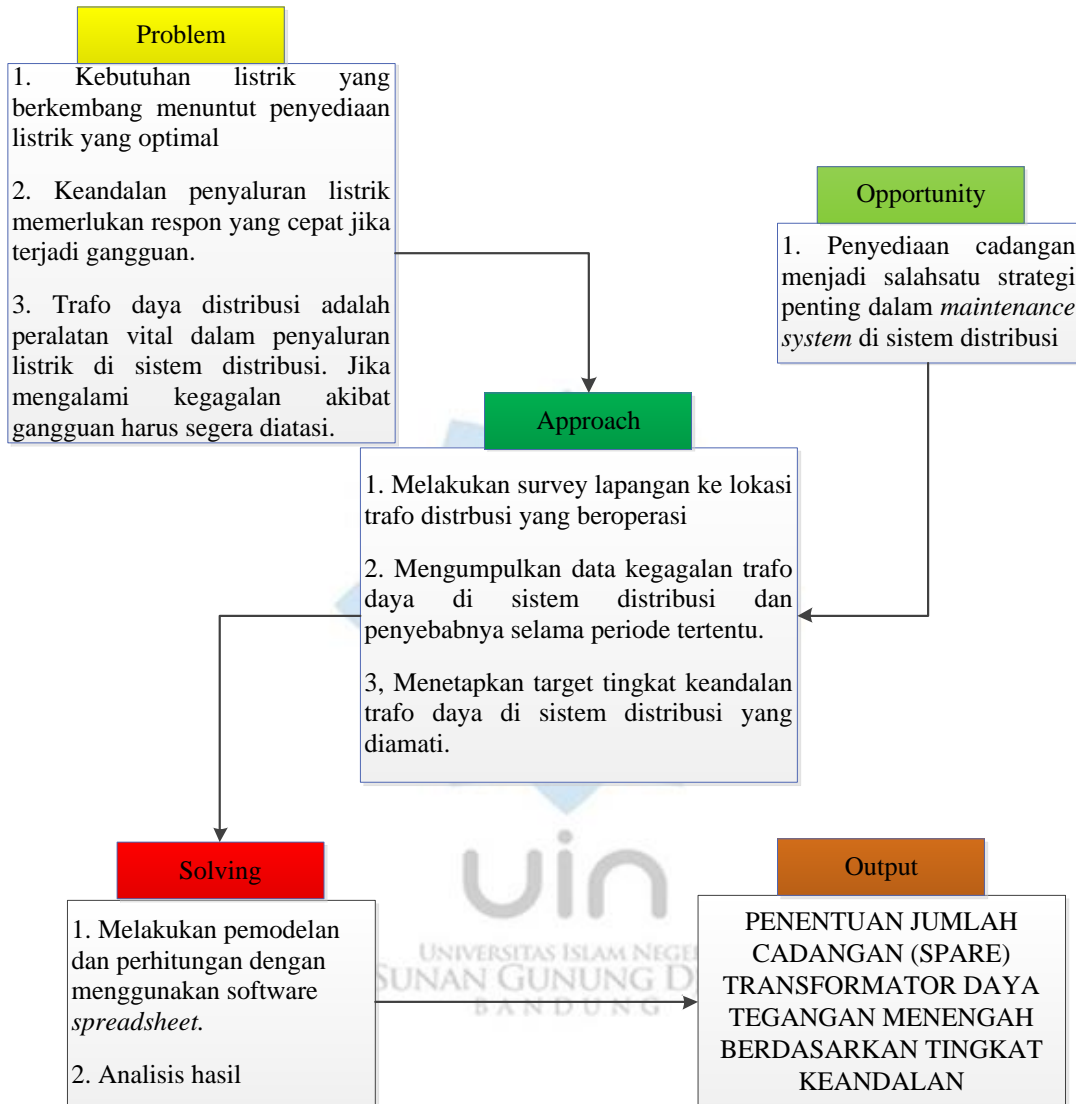
Pada penelitian lainnya, A. Soeprijanto and O. Penangsang melakukan penelitian yang dipublikasikan dalam paper yang berjudul *Studi Perbaikan Keandalan Jaringan Distribusi Primer Dengan Pemasangan Gardu Induk Sisipan Di Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan* di tahun 2012. Di paper tersebut, A. Soeprijanto et all melakukan penelitian mengenai perbandingan keandalan jaringan distribusi primer di Kabupaten Enrekang sebelum dan sesudah pemasangan gardu induk sisipan. Dalam penelitian tersebut menghasilkan rekomendasi untuk meningkatkan keandalan pada sistem jaringan distribusi primer. Metode yang digunakan adalah metode probabilitas keandalan, indeks keandalan dari sisi pelanggan dan metode RIA (*Reability Index Assesment*).[7]



Berdasarkan Tabel 1.1, maka penulisan tugas akhir ini berada di ranah *maintenance system* dalam penyediaan *spare* di sistem pemeliharaan trafo daya menggunakan metode tingkat keandalan. Dari referensi diatas, yang paling mendekati ke tugas akhir penyediaan *spare* trafo daya adalah penelitian yang dilakukan oleh J. Cristian Napitupulu, Panusur S.M.L. Tobing pada studi kasus *Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull*. Perbedaannya dalam penelitian tugas akhir ini digunakan metode tingkat keandalan untuk mendapatkan jumlah penyediaan cadangan trafo daya di sistem distribusi, sedangkan penelitian J. Cristian Napitupulu et all menganalisis keandalan trafo daya. Persamaan penelitian tugas akhir ini dengan penelitian J. Cristian Napitupulu et all berada pada ranah yang sama, yaitu *maintenance system* dengan mengidentifikasi trafo tenaga berdasarkan data kegagalan, tingkat asal kegagalan, dan penyebab kerusakan fisik. Kemudian dievaluasi dan dituntut untuk menghasilkan penyediaan listrik yang optimal. Dengan demikian, penelitian tugas akhir ini mengulang dari penelitian sebelumnya hanya saja pada penelitian ini menggunakan studi kasus yang berbeda dari penelitian sebelumnya.



## 1.6. Kerangka Berfikir



Gambar 1. 2 Kerangka Pemikiran

## 1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan dengan jumlah 4 bab, dimana masing-masing bab mempunyai isi dengan penjabaran isi setiap bab sebagai berikut :

## **Bab I Pendahuluan**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari pengambilan judul penelitian ini, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, posisi penelitian, kerangka berpikir serta sistematika penulisan laporan tugas akhir

## **Bab II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini berisi tinjauan pustaka yang relevan dengan kegiatan penelitian ini berupa pustaka tentang *maintenance* trafo berupa metode menentukan jumlah *spare* trafo daya yang dibutuhkan berbasis tingkat keandalan trafo yang mampu meningkatkan kualitas di sistem distribusi tenaga listrik.

## **Bab III Metodologi Penelitian**

Pada bab ini berisikan metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir yang dimulai dari studi literatur, pengumpulan data, perhitungan dan penerapan metode dengan perangkat lunak *Ms.Excel*.

## **Bab IV Data yang digunakan dalam Simulasi Cadangan Trafo Tegangan Menengah**

Pada bab ini berisikan data-data yang digunakan dalam simulasi menentukan cadangan trafo, data monitoring gangguan trafo, data trafo operasi selama 1 periode dan data SAIDI.

## **Bab V Simulasi Penentuan Cadangan Trafo Distribusi Tegangan Menengah di PLN Area Sukabumi**

Pada bab ini berisikan langkah-langkah simulasi yang dilakukan dengan menggunakan salah satu metode dan ditunjang dengan data-data yang mampu membantu dalam perhitungan simulasi cadangan trafo di sistem distribusi. Akhir dari langkah simulasi adalah hasil perhitungan cadangan trafo berdasarkan nilai dan biaya.