

**ANALISIS KONFIGURASI RADIAL DAN RING
TERHADAP SECURITY N-1 SISTEM TENAGA LISTRIK
DI PT. KONDUR PETROLEUM SA
(Simulasi Menggunakan Program Etap 7.0)**

Oleh:

Asnal Effendi*, Arfita Yuana Dewi*, Hendra Laferiza**

*Dosen Teknik Elektro, **Mahasiswa Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri – Institut Teknologi Padang

Abstrak

Distribusi tenaga listrik yang baik sangat dibutuhkan di lapangan perminyakan, hal ini berpengaruh dengan kelancaran proses produksi minyak bumi setiap harinya. Perusahaan yang menggunakan konfigurasi jaringan radial, jika terjadi gangguan di saluran distribusi listrik, rugi produksi yang dialami cukup besar. Sedangkan untuk konfigurasi ring dibutuhkan untuk mengurangi rugi produksi akibat gangguan yang terjadi di sistem jaringan distribusi tenaga listrik baik pada *Switchgear*, pembebanan kabel dan lain sebagainya. Perubahan sistem jaringan distribusi dari radial menjadi ring membutuhkan analisa aliran daya. Analisa aliran daya berguna untuk mengetahui nilai jatuh tegangan, dan nilai pembebanan kabel apabila dalam kondisi radial dan ring untuk loop terbuka. Jika nilai tegangan dalam status kritikal (-5%), dan pembebanan kabel hampir mencapai nilai ampacity, maka ukuran kabel harus diganti dengan yang lebih besar..

Kata kunci : aliran daya, profil tegangan, dan pembebanan kabel

Abstract

Good power distribution is needed in the field of petroleum, this contributes to the smooth production process of oil a day. Companies that use a radial network configuration, if an interruption in the electrical distribution channel, the production loss suffered considerable. As for the ring configuration is needed to reduce the loss of production due to disturbances occurring in the power distribution network system both in Switchgear, charging cables and so forth. Changes in the distribution of the radial network system to ring require power flow analysis. Power flow analysis is useful to know the value of the voltage drop, and if the value of the cable loading in radial and ring conditions for open loop. If the value of the voltage in critical status (-5%), and charging cable ampacity values almost reached, then the size of the cable must be replaced with a larger one .

Keywords: *Load Flow, Profile Voltage, and Load Cable*

I. Pendahuluan

Peran utama dari suatu sistem tenaga listrik adalah menyediakan dan menyalurkan energi listrik secara andal dan terus menerus kepada beban. Sistem tenaga listrik di PT Kondur Petroleum SA merupakan sistem tenaga listrik dengan jaringan distribusi 13,8 kV. Perusahaan ini merupakan perusahaan eksplorasi minyak bumi dan gas yang dituntut juga untuk menyediakan dan menyalurkan tenaga listrik sendiri dengan andal dan bermutu untuk keperluan produksi dan pompa sumur-sumur minyak. Namun hal tersebut masih belum seperti yang diharapkan. Masih seringnya terjadi gangguan pada suatu saluran atau elemen

sistem yang menyebabkan terjadinya pemutusan dan meluas ke saluran atau ke elemen sistem yang lain yang berakibat terlepasnya sistem secara bertingkat. Konfigurasi Jaringan Listrik di Kondur Petroleum SA menggunakan Konfigurasi jaringan Radial dan Ring., konfigurasi jaringan listrik radial ini lebih sederhana, lebih murah, dan pelacakan kesalahan lebih mudah dibandingkan konfigurasi yang lainnya. Namun jika terjadi suatu gangguan (*force-trip*) di penyulangannya, maka penyulang yang berada dibelakangnya akan ikut trip. Dan itu berarti sumur minyak yang berada dalam kelompok penyulang tersebut juga akan mati, sehingga perusahaan perminyakan akan

mengalami *loss of production*. Perusahaan akan terus mengalami kehilangan produksi ini sampai permasalahan tersebut dapat diatasi dan sistem dapat berjalan normal kembali.

Konfigurasi ring dapat mengurangi jumlah interupsi pelayanan. Sistem jaringan ring merupakan pengembangan dari sistem radial, yang pada operasinya dapat bekerja sebagai sistem radial biasa sehingga dapat memberikan pelayanan yang baik dan optimal dengan memberikan keamanan dari semua sistem tenaga listrik, meningkatkan keandalan, dan dapat mengurangi frekuensi atau lamanya gangguan yang terjadi.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisa aliran daya pada system jaringan radial dan jaringan ring pada system tenaga listrik di PT Kondur Petroleum SA serta seberapa besar pengaruh Konfigurasi Jaringan Radial dan Ring terhadap komponen listrik *existing*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Studi Literatur

Emmy Hosea, dkk (2005) melakukan penelitian untuk membandingkan analisis aliran daya menggunakan metode Algoritma Genetika dengan metode Newton-Rhapson. Hasil penelitian diperoleh bahwa, metode iterasi Newton-Raphson maupun metode Algoritma Genetika dapat digunakan untuk menentukan nilai parameter Bus dalam perhitungan aliran daya.

PT Jalamas Berkatama (2008) telah melakukan penelitian di PT. Kondur Petroleum SA , dengan hasil penelitian bahwa perlunya perubahan sistem konfigurasi jaringan yang terdapat pada sistem tenaga listrik di PT Kondur Petroleum SA. Dimana dengan adanya perubahan konfigurasi tersebut diharapkan perbandingan terhadap terjadinya pemadaman dapat di minimalisir.

2.2 Landasan Teori

Keandalan suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh penilaian kecukupan (*adequacy assessment*) dan penilaian keamanan (*security assesment*). Penilaian kecukupan berkaitan dengan kemampuan sistem untuk memasok energi listrik ke

pelanggan yang memenuhi persyaratan dengan cara yang memuaskan. Penilaian keamanan berkaitan dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk tetap mampu bertahan akibat adanya gangguan yang mendadak seperti hubung singkat atau hilangnya elemen sistem yang tak dapat diantisipasi. Hal ini termasuk respon sistem yang diakibatkan oleh lepasnya pembangkit dan saluran transmisi .

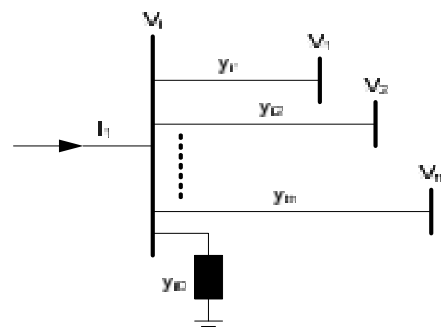
2.2.1 Konfigurasi Sistem Jaringan Distribusi

Diklasifikasikan dalam beberapa jenis, yaitu :

1. Sistem Jaringan Distribusi Radial.
2. Sistem Jaringan Distribusi Ring (Loop) Terbuka.
3. Sistem Jaringan Distribusi Ring (Loop) Tertutup.
4. Sistem Jaringan Distribusi Network.
5. Sistem Jaringan Distribusi Spindel.

2.2.2 Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi kemampuan kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan.



Gambar 2.1 Tipikal Bus Dari Sistem Tenaga

Aplikasi Hukum Arus Kirchhoff pada bus ini diberikan dalam :

$$I_1 = y_{10}V_1 + y_{11}(V_1 - V_1) + y_{12}(V_1 - V_2) + \dots + y_{1n}$$

$$= (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - y_{i2}V_2 - \dots - y_{in}V_n \dots(2-1)$$

Atau

$$V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (2.2)$$

Daya aktif dan daya reaktif pada bus *i* adalah :

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \dots\dots\dots(2-3)$$

Atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \dots\dots\dots(2-4)$$

Substitusi untuk *I_i* pada Persamaan (2-2), hasilnya :

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \dots\dots\dots(2.5)$$

Studi Aliran Daya Dengan Metode Newton-Raphson

memasuki bus *i* dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \dots\dots\dots(2-6)$$

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \dots(2-7)$$

Daya kompleks pada bus *i* adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i^* I_i \dots\dots\dots(2-8)$$

Substitusi dari persamaan (2-12) untuk *I_i* ke dalam Persamaan (2-13) menghasilkan :

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \dots(2-9)$$

Pisahkan bagian real dan imajiner

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \dots(2-10)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \dots(2-11)$$

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Dalam menyusun suatu penelitian diperlukan langkah-langkah yang benar sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi, dengan pengambilan data dilapangan serta Studi literatur, yaitu dengan mencari informasi yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir melalui buku referensi, internet, dan konsultasi dengan dosen pembimbing tugas akhir

3.2 Lokasi Kajian

Lokasi kejadian dalam penelitian ini ialah Lapangan minyak lepas pantai off shore dan on shore area Kurau di PT Kondur Petroleum SA.

3.3 Data-Data Yang Dibutuhkan

1. Observasi
Yaitu penulis mengamati secara langsung ditempat operator dan mencatat data-data yang diperlukan untuk dianalisa
2. Wawancara
Metode ini dilakukan dengan cara menanyakan hal-hal yang sekiranya belum penulis ketahui kepada pembimbing lapangan.
3. Studi Pustaka
Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku dan mencari data yang diperlukan mengenai hal hal atau materi yang dianalisa.
4. Bimbingan
Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian ini dari pembimbing, baik dosen maupun dilapangan.

PS3-AC2 hanya sebesar -0,78 %, dan masih dalam klasifikasi normal.

Kasus-2, (PS-201 ke PS5-BG1 terbuka, PS4-AC3 dan PS3-AC2 Interkoneksi)

Pada kondisi ini, suplai daya melalui *feeder* dari PS-201 ke PS3-AC2 dan seterusnya. Interkoneksi *switchpoint* PS4-AC3 dan PS3-AC2 tetap dipertahankan. Dari hasil profil tegangan diatas, profil tegangan pada *switchpoint* PS5-BG1 ,PS4-AC3 dan PS3-AC2 sudah dalam kondisi **marginal** (- 2,5% sampai > -5%). Yaitu mengalami penurunan profil tegangan masing-masing sebesar -4,59 % , -4,28 % dan -3,97%.

Kasus-3, (PS-201 ke PS3-AC2 terbuka, PS-201,PS4-AC3,PS5-BG Interkoneksi)

Pada kondisi ini, suplai daya melalui *feeder* dari PS-201 ke PS3-AC2 open. Sedangkan Interkoneksi *switchpoint* PS-201,PS4-AC3 dan PS5-BG1 tetap dipertahankan. Dari hasil profil tegangan, perubahan di *switchgear* masing-masing *switchpoint* pada kondisi sistem ring tidak signifikan. Penurunan profil tegangan di *switchpoint* PS3-AC2 dan PS4-AC3 sebesar masing-masing -4,25 % dan -3,58 % yang sudah dalam status marginal (-2,5% sampai > -5%), sedangkan untuk PS-201, PS5-BG1 masih dalam klasifikasi normal (antara > -2,5% sampai < +2,5%). Untuk perubahan tegangan yang signifikan ini bisa di sebabkan oleh jarak antara suatu *switchpoint* yang terlalu jauh bahkan bisa juga disebabkan ukuran kabel yang kecil.

Kasus-4, (PS-201 ke PS3-AC2 dan PS5-BG1 Interkoneksi, PS4-AC3 dan PS5-BG1 terbuka)

Pada kondisi ini, suplai daya dari *feeder* PS5-BG1 ke PS4-AC3 open. Sedangkan Interkoneksi *switchpoint* PS-201,PS3-AC2 dan PS5-BG1 tetap dipertahankan. Dari hasil profil tegangan, diatas, perubahan di *switchgear* masing-masing *switchpoint* pada kondisi yang masih normal (antara > -2,5% sampai < +2,5%). Penurunan profil tegangan terjadi hanya di *switchpoint* PS4-AC3 dan PS3-AC2 saja yang berstatus **marginal** (-

2,5% sampai > -5%) sebesar -3,32% dan 3,17% sedangkan untuk *switchpoint* lainnya masih dalam klasifikasi normal. Untuk klasifikasi tegangan yang berstatus marginal ini bisa disebabkan oleh jarak yang jauh antara masing-masing *switchpoint* serta ukuran kabel yang mungkin terlalu kecil.

4.6 Pembebanan Kabel

Evaluasi pembebanan kabel berdasarkan kemampuan kabel yang terpasang terhadap arus beban yang mengalir pada kabel tersebut. Batasan "**marginal**" diatur jika pembebanan kabel mencapai 70% dan "**kritikal**" jika pembebanan kabel mencapai 80%.

Pembebanan Kabel Dengan Sistem Radial (Existing)

Dari hasil simulasi menunjukkan pembebanan kabel terbesar terdapat pada cable15, namun pembebanan masih dibawah batas *ampacity*-nya, sehingga status cable15 masih dalam kategori normal.

Pembebanan Kabel Pada Kasus-1 (PS-201, PS5-BG1, PS4-AC3, dan PS3-AC2 Interkoneksi)

Dari hasil simulasi diatas menunjukkan, bahwa dengan diterapkannya sistem ring akan membuat distribusi suplai arus beban lebih merata. Hal ini bisa dilihat pada cable9 dan cable15

Pembebanan Kabel Pada Kasus-2 (PS-201 ke PS5-BG1 terbuka, PS4-AC3 dan PS3-AC2 Interkoneksi)

Pada kasus-2 ini arus hanya mengalir melalui satu *feeder* saja, yaitu melalui *switchpoint* PS3-AC2. Dari hasil pembebanan kabel, menunjukkan bahwa pembebanan kabel terbesar dialami pada cable15, yaitu *feeder* yang melalui PS3-AC2. Pembebanan kabel hampir mendekati batas *ampacity*-nya, namun masih dalam kondisi normal.

Pembebanan Kabel Pada Kasus-3 (PS-201 ke PS3-AC2 terbuka, PS4-AC3 dan PS3-AC2 Interkoneksi)

Pada kasus-3 ini arus hanya mengalir melalui satu *feeder* saja, yaitu melalui *switchpoint* PS5-BG1. Dan hasil simulasi, pembebanan kabel menunjukkan bahwa apabila kasus-4 ini terjadi, keseluruhan kabel mengalami pembebanan kabel yang cukup besar dan hampir mendekati nilai *ampacity*-nya. Terutama cable14 yang menghubungkan PS5-BG1 dengan PS4-AC3 yang mencapai nilai 73,60 %. Sehingga diperlukan perubahan ukuran kabel pada *feeder* ini.

Pembebanan Kabel Pada Kasus-4 (PS-201 ke PS3-AC2 dan PS5-BG1 Interkoneksi, PS4-AC3 dan PS5-BG1 terbuka)

Pada kasus-4 ini arus mengalir melalui *feeder* PS-201 ke PS5-BG1 dan PS3-AC2, serta PS3-AC2 menuju PS4-AC3 sedangkan dari PS5-BG1 menuju PS4-AC3 terbuka. Dan hasil simulasi, pembebanan kabel menunjukkan bahwa apabila kasus-4 ini terjadi, keseluruhan kabel mengalami pembebanan kabel yang normal. Tetapi cable15 yang menghubungkan PS-201-PS3-AC2 cukup memiliki beban tetapi masih dalam batas normal sebesar 53,14 %.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan dan analisa perhitungan dalam penulisan Tugas Akhir ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Konfigurasi Ring sangat diuntungkan dari pada konfigurasi radial terhadap komponen listrik *existing* dalam hal menjaga keseimbangan dan kestabilan beban pada saat terjadinya pemadaman pada salah satu *feeder*.
2. Dari hasil evaluasi load flow, bahwa penerapan konfigurasi ring pada jaringan 13.8kV di Kurau dapat meningkatkan profil tegangan, terutama pada Switchpoint PS3-AC2.
3. Penerapan sistem Ring dapat menambah dua arah *feeder* suplai daya yaitu dari PS5-BG1 dan langsung melalui PS3-AC2. Sehingga distribusi beban arus tidak terkonsentrasi satu *feeder* yang dapat meningkatkan kehandalan.
4. Pada simulasi Kasus-2, profil tegangan di PS5-BG1 mencapai keadaan marginal

yang hampir mendekati keadaan kritis yaitu 95%. Hal ini dikarenakan panjangnya jaringan \pm 8km dari PS-201 ke PS3-AC2, sehingga terjadi drop tegangan sampai PS5-BG1.

5. Dari pertimbangan evaluasi profil tegangan dan pembebanan kabel bahwa dalam penerapan sistem ring, ukuran kabel dari PS5-BG1 ke PS4-AC3 dan PS-201 ke PS5-BG1 harus dirubah. Sehingga tingkat kehandalan sistem 13.8kV Kurau tetap terjaga apabila terjadi gangguan.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat penulis berikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Perlunya di lakukan penggantian *feeder-feeder* yang dianggap telah mendekati status marginal maupun kritis.
2. Dengan semakin besarnya kapasitas beban, maka perlu dilakukan *regenerasi* pembangkit yang baru atau penambahan pembangkit baru lagi.
3. Perlunya menyediakan *back up* dalam proses system kelistrikan guna mencegah terjadinya overload pada pembangkit lain pada saat salah satu pembangkit mati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Basri Hasan, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, ISTN, Jakarta, 1997
- [2]. J. Duncan Glover, Mulukutla S. Sarma, and Thomas J. Overbye, *Power System Analysis and Design, Fourth Edition, Thomson Learning, part of The Thomson Corporation, United States of America, 2008*
- [3]. Marsudi Djiteng, *Operasi Sistem Tenaga Listrik, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006*
- [4]. Pansini Anthony J, *Electrical Distribution Engineering, Third Edition, The Fairmont Press, Inc, Lilburn, 2007*
- [5]. Sanjaya Ismed, *Analisis Konfigurasi Sistem Loop Tertutup Pada Jaringan Listrik Tegangan Menengah Di Gardu Induk Simping Tiga Indralaya, Laporan Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, 2009*