

Evaluasi Penempatan Dan Jumlah Saklar ABSW Pada Saluran Distribusi Primer Gardu Induk Mangkunegaran

Sekar Aditya Pranawa¹, I Nengah Sumerti², Sarjiya²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

²Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, FT UGM

Abstrak

GI Mangkunegaran terletak di pusat kota Solo yang melayani beban domestik, bisnis, dan industri yang menuntut keandalan tinggi. Salah satu cara untuk meningkatkan keandalan yaitu dengan pemasangan ABSW pada titik-titik yang strategis agar efektivitasnya tinggi. Perbaikan lebih jauh dapat dilakukan dengan memindahkan lokasi pemasangan ABSW yang efektivitasnya terendah untuk meningkatkan efektivitasnya dan mempercepat pengoperasian ABSW dengan menggunakan ABSW motorik pada GI Mangkunegaran yang perlu dipersiapkan sejak sekarang.

Dalam penelitian ini yang dijadikan sebagai bahan penelitian adalah ABSW NC (*normally close*) di setiap penyulang GI Mangkunegaran. Efektivitas ABSW tersebut ditentukan dengan nilai *customer hours* yang terselamatkan jika terjadi gangguan atau pemadaman. ABSW NC yang memiliki efektivitas paling rendah di setiap penyulang dipertimbangkan untuk dipindahkan ke lokasi lain untuk meningkatkan efektivitasnya. Jumlah ABSW yang sudah ada dievaluasi cukup atau tidak terhadap jumlah yang diperlukan.

Dengan cara melakukan percobaan-percobaan pemindahan lokasi dan perhitungan secara manual, didapatkan bahwa:

1. Jumlah ABSW yang ada sudah mencukupi
2. ABSW yang efektivitasnya terendah di setiap penyulang dan perlu dipindah adalah ABSW nomor 5/B2-109E, 7/B2-109, B2-93A, B2-134, 10B/B2-109E, dan 28/B4-161
3. ABSW yang efektivitasnya tertinggi di setiap penyulang dan dapat diganti dengan ABSW motorik adalah ABSW nomor 32A/B2-109E, A/B2-146Q, B4-100D, 1/B2-163F, 9B/B4-168, dan 5/B4-161

Kata kunci: efektivitas ABSW, reposisi ABSW, jumlah ABSW, jumlah zona

1. Pendahuluan

Kontinuitas dan kapasitas suplai daya listrik yang mampu mencukupi kebutuhan pelanggan atau pengguna tenaga listrik merupakan hal yang sangat mendasar. Pemadaman dapat terjadi karena dua hal, yakni karena adanya gangguan maupun karena keperluan pemeliharaan. Sebagian pelanggan akan dipisahkan dari sistem baik dengan menggunakan piranti proteksi maupun saklar tegangan menengah atau ABSW.

Untuk meminimalkan pelanggan yang mengalami pemadaman dan mempercepat pemulihan pelayanan, penempatan atau pemasangan saklar ABSW (*Air Break Switch*) jenis NO sangat diperlukan untuk melakukan operasi kontingensi bila terjadi pemadaman. Operasi kontingensi bertujuan agar daerah yang padam dapat ditekan seminimal mungkin lama padamannya karena pemulihan dapat segera dilakukan. Sedangkan ABSW jenis NC (*normally close*) berfungsi untuk mengisolasi daerah yang mengalami gangguan.

Gardu induk Mangkunegaran merupakan gardu induk yang melayani daerah perkotaan, sehingga kontinuitas pelayanan listrik di wilayah tersebut sangat perlu dijaga. Karena itu kecukupan fasilitas manuver jaringan pada daerah tersebut perlu diperhatikan. Saklar-saklar yang sudah ada perlu dicek efektivitasnya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

1.1 Sectionalizing dan Switching

Sectionalizing dan *switching* adalah dua hal yang sangat berperan dalam melakukan manuver jaringan. Keduanya berfungsi untuk membuka dan menutup rangkaian. Dengan demikian penyulang dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Dengan *sectionalizing* dan *switching*, tingkat durasi pemadaman bisa ditekan dengan syarat ada penyulang lain untuk pelimpahan beban.

Sectionalizing berfungsi untuk mengisolasi gangguan-gangguan yang terjadi dan untuk meminimalkan terputusnya bagian dari penyulang yang melayani pelanggan. Hal ini sesuai dengan

tujuan sistem proteksi yaitu mengisolir gangguan dan meminimalkan kerusakan peralatan [1].

1.2 Indeks Keandalan

Dalam melakukan evaluasi keandalan suatu sistem maka diperlukan data-data gangguan yang terjadi. Dalam konsep klasik indeks keandalan ada 3 hal primer yang perlu diperhatikan, yaitu tingkat gangguan per tahun (λ), rataan lama gangguan (r), dan rataan tahun waktu pemutusan (U) [2,3].

Dalam penelitian ini ada 2 indeks keandalan yang akan digunakan, yaitu indeks SAIFI dan SAIDI yang dihitung dengan rumus berikut :

$$SAIFI = \frac{\{(\lambda_1 N_1) + (\lambda_2 N_2) + (\lambda_3 N_3) + \dots + (\lambda_n N_n)\}}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}$$

pmdmn / p lg n.thn

$$SAIDI = \frac{\{U_1 N_1 + U_2 N_2 + U_3 N_3 + \dots + U_n N_n\}}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}$$

jam / p lg n.thn

Keterangan:

λ = tingkat/laju kegagalan, (*gangguan / kms.thn*)

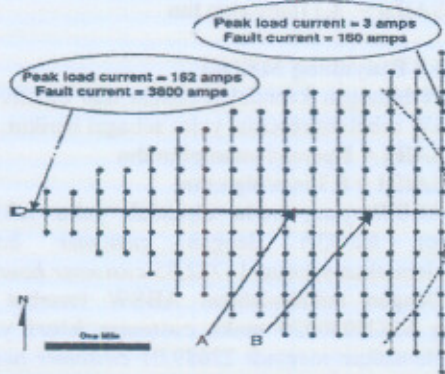
U = lama pemadaman per tahun

N = jumlah pelanggan (*jam / thn*)

r = lama pemadaman per gangguan, (jam)

1.3 Analisis efektivitas sectionalization

Pada gambar 1 terdapat 162 trafo di mana setiap trafo melayani 6 konsumen sehingga jumlah keseluruhan ada 972 konsumen.



Gbr. 1 – Sebuah sistem yang terbagi menjadi 32 lateral

Dua pengaman lateral teratas, yaitu *substation breaker* dan sekring *mid-trunk* dianggap harus ada (*mandatory*). Di luar 2 pengaman tersebut, ada kemungkinan dipasang hingga 32 sekring pengaman lateral. Pemindahan sekring *mid-trunk* dari titik A ke titik B dapat meningkatkan keandalan sistem. Jika dipasang tambahan sekring cabang, sekring ini akan mengamankan beban di

atasnya (*upstream*) terhadap pemadaman yang disebabkan oleh gangguan di bawah (*downstream*) sekring tersebut. Pada gambar di atas, tiap segmen panjang salurannya adalah 0,2 mil, dan banyak gangguannya 0,1 gangguan/mil.thn.

Sehingga sekring lateral berfungsi melindungi jaringan terhadap gangguan sebanyak:

$$\lambda_F = 0.2 \times 0.1 \times \text{panjang di belakang sekring (dalam segmen)}$$

(1)

Jumlah konsumen yang diselamatkan dari pemadaman karena gangguan yang diisolir oleh sekring adalah sebanyak konsumen yang berada di bagian hulu sekring hingga ke pengaman terdekat di atasnya. Untuk sekring cabang yang posisinya di atas (dekat sumber), jumlah pelanggan yang diselamatkan dari pemadaman (N_a), dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Pelanggan "terselamatkan" oleh sekring lateral (N)} = P_1 - \text{jumlah pelanggan di belakang sekring (2)}$$

Kemudian untuk mencari *customer events* dengan menggunakan rumus berikut:

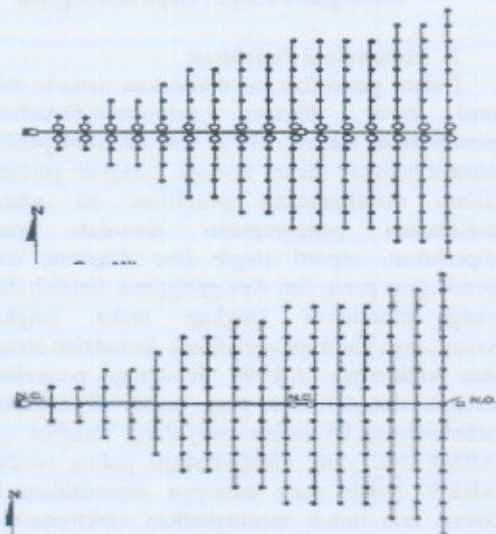
$$\text{Cust. Events} = \lambda_F \times N$$

(3)

Dengan asumsi rata-rata waktu pemulihan 4 jam atau 240 menit, maka lama pemadaman yang dihindarkan adalah :

$$\text{Customer minutes} = \lambda_F \times N \times 240 \text{ menit}$$

(4)



Gbr. 2 – Sebuah penyulang yang terbagi menjadi 3 zona dengan menggunakan sekring dan NC

Pada gbr. 2, saklar NC dipasang pada segmen 10 dari GI. Jika semua lateral diberi sekring yang berkoordinasi dengan baik, penyulang di sebelah hulu akan mengalami gangguan sebanyak :

$0,2 \times 0,1 \times 10 = 0,2$ kali/thn., masing-masing 4 jam tiap gangguan.

Jika pengoperasian saklar NC dan NO perlu waktu 45 menit, sebanyak 594 konsumen (99 trafo \times 6 konsumen) di bagian hilir akan dipercepat pemulihannya menjadi 45 menit, berarti menghilangkan kerugian 23.166 *customer minutes/thn*

1.3 Penentuan Jumlah Zona

Dalam sebuah penyulang atau jaringan perlu dibagi ke dalam beberapa zona untuk menghindari gangguan yang menyebabkan gangguan ke semua wilayah dengan mengisolasi zona yang mengalami gangguan dan menghubungkan zona lain yang tidak mengalami gangguan ke penyulang atau sumber alternatif. Maka perlu diketahui berapa jumlah zona yang diperlukan untuk sebuah penyulang. Jumlah zona yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus di bawah ini:

$$\text{Zona yang diperlukan} = \frac{\text{Max} \left[1 + \frac{E}{T} - E \cdot \frac{1}{D} - 1,125 \right]}{B^2} \quad (5)$$

Keterangan :

- E = batas pembebanan ekonomis penghantar
- T = batas termal pembebanan penghantar
- D = rasio *drop* tegangan saat operasi kontingensi dengan keadaan normal
- B = rasio biaya kapital perencanaan kontingensi dengan tanpa kontingensi

2. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan metode *trial and error*, dimana percobaan-percobaan pemindahan lokasi ABSW dan evaluasi jumlah zona dilakukan secara manual. Langkah pertama dalam melaksanakan penelitian ini adalah melakukan pengumpulan data-data yang diperlukan, seperti *single line diagram*, data pembagian zona, dan data gangguan. Setelah data yang diperlukan lengkap maka langkah selanjutnya yaitu mengevaluasi keandalan sistem dan efektivitas ABSW di setiap penyulang dengan rumus-rumus yang sudah disampaikan sebelumnya. Di setiap penyulang tersebut ada ABSW NC yang efektivitasnya paling rendah. ABSW inilah yang nantinya dipindahkan ke lokasi lain untuk meningkatkan efektivitasnya. Dalam peningkatan efektivitas tersebut dicari nilai optimal antara efektivitas ABSW dengan keandalan sistem, sehingga perpindahan ABSW tersebut tidak mengurangi tingkat keandalan sistem. Setelah selesai melakukan reposisi, kemudian dilakukan evaluasi jumlah ABSW yang diperlukan setiap penyulang berdasarkan jumlah

zona yang diperlukan menggunakan rumus seperti yang disampaikan sebelumnya.

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil penelitian dan penjelasannya akan dijelaskan pada sub bab berikut:

3.1 Penyulang MKN-1

Perhitungan keandalan sistem dan efektivitas ABSW sebelum reposisi yaitu sebagai berikut:

SAIFI = 5,999 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 3,7 jam/plgn.thn

ABSW yang perlu dipindah yaitu ABSW nomor 5/B2-109E dengan *customer hours* terselamatkan sebesar 8087,94 *customer hours*.

Dengan memindahkan ABSW tersebut ke tiang MKN010012T010 maka *customer hours* yang terselamatkan menjadi 10689,11 *customer hours*. Indeks keandalannya menjadi:

SAIFI = 5,999 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 3,7 jam/plgn.thn

3.2 Penyulang MKN-2

Perhitungan keandalan sistem dan efektivitas ABSW sebelum reposisi yaitu sebagai berikut:

SAIFI = 6,999 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 4,63 jam/plgn.thn

ABSW yang perlu dipindah yaitu ABSW nomor 7/B2-109 dengan *customer hours* terselamatkan sebesar 4228,91 *customer hours*.

Dengan memindahkan ABSW tersebut ke tiang MKN020018 maka *customer hours* yang terselamatkan menjadi 7138,10 *customer hours*. Indeks keandalannya menjadi:

SAIFI = 6,999 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 4,11 jam/plgn.thn

3.3 Penyulang MKN-3

Perhitungan keandalan sistem dan efektivitas ABSW sebelum reposisi yaitu sebagai berikut:

SAIFI = 8 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 6,3 jam/plgn.thn

ABSW yang perlu dipindah yaitu ABSW nomor B2-93A dengan *customer hours* terselamatkan sebesar 16722,35 *customer hours*.

Dengan memindahkan ABSW tersebut ke tiang MKN030029 maka *customer hours* yang terselamatkan menjadi 22689,01 *customer hours*. Indeks keandalannya menjadi:

SAIFI = 8 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 6,2 jam/plgn.thn

3.4 Penyulang MKN-4

Perhitungan keandalan sistem dan efektivitas ABSW sebelum reposisi yaitu sebagai berikut:

SAIFI = 9 pemadaman/plgn.thn

SAIDI = 5,6 jam/plgn.thn

ABSW yang perlu dipindah yaitu ABSW nomor B2-134 dengan *customer hours* terselamatkan sebesar 11128,08 *customer hours*.

Dengan memindahkan ABSW tersebut ke tiang MKN040026 maka *customer hours* yang terselamatkan menjadi 21721,92 *customer hours*. Indeks keandalannya menjadi:

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= 9 \text{ pemadaman/plgn.thn} \\ \text{SAIDI} &= 5,5 \text{ jam/plgn.thn} \end{aligned}$$

3.5 Penyulang MKN-5

Perhitungan keandalan sistem dan efektivitas ABSW sebelum reposisi yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= 3 \text{ pemadaman/plgn.thn} \\ \text{SAIDI} &= 1,93 \text{ jam/plgn.thn} \end{aligned}$$

ABSW yang perlu dipindah yaitu ABSW nomor 10B/B2-109E dengan *customer hours* terselamatkan sebesar 2162,24 *customer hours*.

Dengan memindahkan ABSW tersebut ke tiang MKN050020 maka *customer hours* yang terselamatkan menjadi 5194,32 *customer hours*. Indeks keandalannya menjadi:

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= 3 \text{ pemadaman/plgn.thn} \\ \text{SAIDI} &= 1,92 \text{ jam/plgn.thn} \end{aligned}$$

3.6 Penyulang MKN-6

Perhitungan keandalan sistem dan efektivitas ABSW sebelum reposisi yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= 7 \text{ pemadaman/plgn.thn} \\ \text{SAIDI} &= 7,14 \text{ jam/plgn.thn} \end{aligned}$$

ABSW yang perlu dipindah yaitu ABSW nomor 28/B4-161 dengan *customer hours* terselamatkan sebesar 16008,97 *customer hours*.

Dengan memindahkan ABSW tersebut ke tiang MKN060033 maka *customer hours* yang terselamatkan menjadi 26047,84 *customer hours*. Indeks keandalannya menjadi:

$$\begin{aligned} \text{SAIFI} &= 7 \text{ pemadaman/plgn.thn} \\ \text{SAIDI} &= 7,13 \text{ jam/plgn.thn} \end{aligned}$$

3.7 Penentuan Jumlah Zona

Zona yang diperlukan

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Max}\left[1 + \frac{E}{T} - E \cdot \frac{V}{D} - 1,125\right]}{B^2} \\ &= \frac{\text{Max}\left[1 + \frac{9700}{22300} - 9700 \cdot \frac{V}{1,44} - 1,125\right]}{1.1^2} \\ &= 2,62 \end{aligned}$$

Atau jika dibulatkan maka zona yang diperlukan sebanyak 3 zona setiap penyulang.

Karena setiap penyulang memiliki lebih dari 3 zona, maka tidak perlu ada penambahan ABSW lagi.

4. Kesimpulan

Setelah menganalisis hasil penelitian, maka diperoleh beberapa kesimpulan dari skripsi ini, antara lain:

1. Pada penyulang MKN-1, ABSW nomor 5/B2-109E perlu dipindah ke tiang MKN010012T010. Dengan memindahkannya maka efektivitasnya meningkat sebanyak 2601,17 *customer hours*.
2. Pada penyulang MKN-2, ABSW nomor 7/B2-109 perlu dipindah ke tiang MKN020018. Dengan memindahkannya maka efektivitasnya meningkat sebanyak 2909,19 *customer hours*.
3. Pada penyulang MKN-3, ABSW nomor B2-93A perlu dipindah ke tiang MKN030029. Dengan memindahkannya maka efektivitasnya meningkat sebanyak 5966,66 *customer hours*.
4. Pada penyulang MKN-4, ABSW nomor B2-134 perlu dipindah ke tiang MKN040026. Dengan memindahkannya maka efektivitasnya meningkat sebanyak 10593,84 *customer hours*.
5. Pada penyulang MKN-5, ABSW nomor 10B/B2-109E perlu dipindah ke tiang MKN050020. Dengan memindahkannya maka efektivitasnya meningkat sebanyak 3032,08 *customer hours*.
6. Pada penyulang MKN-6, ABSW nomor 28/B4-161 perlu dipindah ke tiang MKN060033. Dengan memindahkannya maka efektivitasnya meningkat sebanyak 10038,87 *customer hours*.
7. Jumlah zona yang sudah ada pada tiap penyulang sudah melebihi dari yang diperlukan berdasarkan pada perhitungan, sehingga tidak perlu penambahan ABSW.

5. Referensi

- [1] Willis, H. Lee, 2004, *Power Distribution Planning Reference Book*, Raleigh, North Carolina, U.S.A.
- [2] Billinton, Roy and Allan, Ronald N, 1984, *Reliability Evaluation Of Power System*, Pitman Advanced Publishing Programe, London.
- [3] Sumerti, I Nengah, *Diktat Mata Kuliah Keandalan Sistem Tenaga Listrik*, Jurusan Teknik Elektro FT UGM, Yogyakarta.