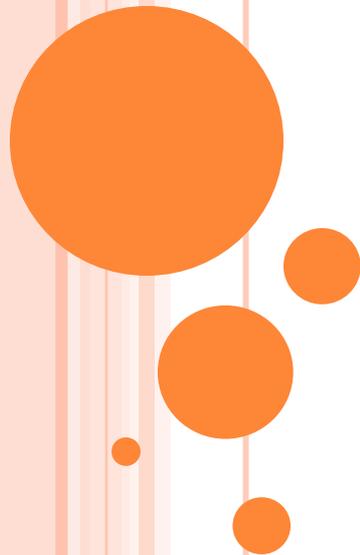
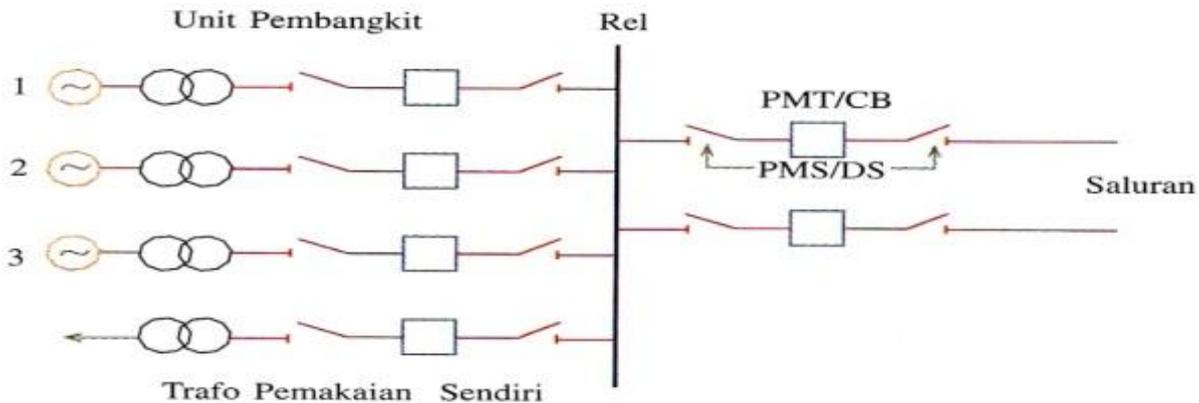


Analisis Keandalan Pembangkit Dengan Metoda Waktu dan Frekuensi di PT Djarum Kudus Krapyak C

**Disusun Oleh :
Nama : Yudha Haris
NIM : L2F 306 059**



I. Latar Belakang



Gambar 1. Diagram Satu Garis Instalasi Tenaga Listrik pada Pusat Listrik Sederhana

- * Sistem tenaga listrik
- * Pemeliharaan peralatan
- * Perbandingan kapasitas pembangkit
- * Besarnya tingkat gangguan (*FOR*)



Latar belakang
Keandalan Unit
Pembangkit

II. Tujuan penelitian :

1. Menghitung dan mengetahui indeks kinerja tiap unit pembangkit..
2. Menghitung dan mengetahui besar indeks keandalan pembangkit (LOLE)

III. Pembatasan Masalah

Berikut batasan masalah pada penelitian ini :

- Hanya membahas analisa faktor keandalan pembangkit dan keandalan pembangkit dengan metoda waktu dan frekuensi.
- Tidak membahas jadwal pemeliharaan peralatan sistem tenaga listrik
- Tidak membahas biaya investasi untuk keandalan.
- Tidak membahas penjadwalan dan biaya pembangkit.
- Studi kasus di PT Djarum Kudus.

IV. Landasan Teori

4.1. Konsep Umum Keandalan

Parameter penentu keandalan sistem tenaga listrik adalah :

1. Laju kegagalan (λ)
2. Lama kegagalan (m)
3. Waktu antara kegagalan ($m+r$)

Faktor yang berhubungan dengan keandalan, antara lain ;

1. Probabilitas
2. Bekerja sesuai dengan fungsinya / unjuk kerja
3. Periode waktu
4. Kondisi operasi

Macam gangguan unit pembangkit :

1. Pelepasan paksaan (*Forced Outage*)
2. Pelepasan terjadwal (*Schedule Outage*)

4.2. Ketersediaan dan Ketidaktersediaan Unit Pembangkit

$$\begin{aligned} \text{Unavailability (FOR)} = U &= \frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{r}{m + r} = \frac{r}{T} = \frac{f}{\mu} \\ &= \frac{\Sigma(\text{down time})}{\Sigma(\text{down time}) + \Sigma(\text{up time})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Availability} = A &= \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{m \cdot r}{m + r} = \frac{m}{T} = \frac{f}{\lambda} \\ &= \frac{\Sigma(\text{up time})}{\Sigma(\text{down time}) + \Sigma(\text{up time})} \end{aligned}$$

Dimana :

- λ = prakiraan laju kegagalan
- μ = prakiraan laju perbaikan
- m = waktu rata-rata kegagalan
- r = waktu rata-rata perbaikan
- f = siklus frekuensi = $1/T$
- T = siklus waktu = $1/f$

4.3. Indeks Kinerja tiap Unit Pembangkit

1. Availability Factor

$$AF = \frac{AH}{PH} \times 100\%$$

2. Service Factor (SF)

$$SF = \frac{SH}{PH} \times 100\%$$

3. Maintenance Outage Factor (MOF)

$$MOF = \frac{MOH}{PH} \times 100\%$$

4. Forced Outage Factor (FOF)

$$FOF = \frac{FOH}{PH} \times 100\%$$

5. Net Capacity Factor (NCF)

$$NCF = \frac{\text{Produksi Netto}}{PH \times DMN} \times 100\%$$

6. Net Output Factor (NOF)

$$NOF = \frac{\text{Produksi Netto}}{SH \times DMN} \times 100\%$$

4.4. Algoritma Berulang untuk Penyusunan Model Kapasitas

Berikut adalah rumus Algoritma Berulang :

$$p(X) = p'(X) \cdot (1 - U) + p'(X - C)U$$

$$\lambda_+ = \frac{p'(X) \cdot (1 - U) \cdot \lambda_+(X) + p'(X - C) \cdot U \cdot (\lambda_+(X - C) + \mu)}{p(X)}$$

$$\lambda_- = \frac{p'(X) \cdot (1 - U) \cdot (\lambda'_-(X) + \lambda) + p'(X - C) \cdot ((\lambda'_-(X - C)))}{p(X)}$$

$$f = p'(X) \cdot (1 - U)^2 \cdot ((\lambda'_+(X) \cdot \lambda'_+(X - C) + \mu)) + p'(X) \cdot (1 - U)^2 \cdot ((\lambda'_-(X) + \lambda) \cdot (\lambda'_-(X - C)))$$

Pada penambahan unit pembangkit, dimana X kurang dari C ($X < C$).

$$p' = \mathbb{1}_{X - C} \geq 0$$

$$\lambda'_+ \mathbb{1}_{X - C} \geq 0$$

$$\lambda'_- \mathbb{1}_{X - C} \geq 0$$

Prosedur pada unit pertama (C_1) sampai pada unit terakhir :

$$\lambda_+ \mathbb{1}_{C_1} \geq 0$$

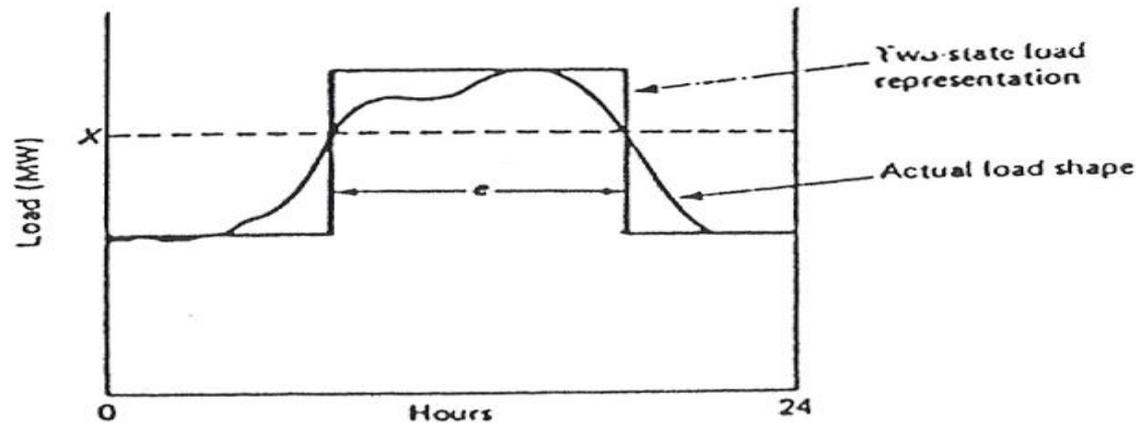
$$\lambda_- \mathbb{1}_{C_1} \geq 0$$

$$\lambda_- \mathbb{1}_{C_1} \geq \lambda_1$$

$$\lambda_+ \mathbb{1}_{C_1} \geq \lambda_- \mathbb{1}_{C_1} = 0 \quad \text{for } X \neq 0, C_1$$

$$\lambda_x \mathbb{1}_{C_1} \geq \mu_1$$

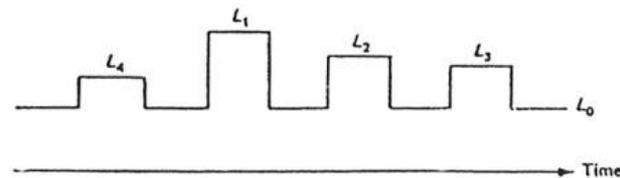
4.5. Indeks Keandalan Pembangkit dengan Metoda waktu dan Frekuensi



Gambar 2. Model beban harian

Parameter yang dibutuhkan :

Nomer dari tingkat beban	N
Beban puncak	$L_i, i = 1, \dots, N$ seperti pada $L_1 > L_2 > \dots > L_N$
Beban rendah	L_0
Nomer akurasi dari L_i	$n(L_i), i = 1, \dots, N$



Gambar 3. Model beban perioda

Periode	$D = \sum_{i=1}^N n(L_i)$	
	Beban Puncak (L_i)	Beban Rendah (L_o)
Durasi rata-rata	e	$i - e$
Probabilitas	$p(L_i) = \frac{n(L_i)}{D} \cdot e$	$p(L_o) = \frac{1}{1 - e}$
Laju perpindahan beban naik	$\lambda_+(L_i) = 0$	$\lambda_+(L_o) = \frac{1}{1 - e}$
Laju perpindahan beban turun	$\lambda_-(L_i) = \frac{1}{e}$	$\lambda_-(L_o) = 0$
Frekuensi	$f(L_i) = \frac{n(L_i)}{D}$	$f(L_o) = 1$

Keadaan *margin* m_k merupakan kombinasi keadaan beban L_i dan keadaan kapasitas C_n , dimana :

$$m_k = C_i - L_i$$

Laju departure terkait dengan m_k adalah sebagai berikut:

$$\lambda_{+m} = \lambda_{+c} + \lambda_{-L}$$

$$\lambda_{-m} = \lambda_{-c} + \lambda_{+L}$$

Probabilitas keadaan margin merupakan hasil perkalian keadaan kapasitas dan probabilitas keadaan beban.

$$\text{Pr obabilitas } p_k = p_n p_i$$

Pertemuan keadaan margin m_k pada frekuensi merupakan hasil dari keadaan probabilitas *steady-state* yang dijumlahkan dengan angka departure dari keadaan :

$$\text{Frekuensi}_k = p_i (\lambda_{+L} + \lambda_{-L})$$

Laju departure naik dan turun untuk setiap margin dibutuhkan dalam perhitungan frekuensi margin kumulatif. Persamaan berikut digunakan untuk menghitung probabilitas margin kumulatif.

$$\lambda_{\pm k} = \frac{\sum p_i \lambda_{\pm i}}{P_k}$$

Sedangkan nilai LOLE dapat dihitung dengan persamaan :

$$LOLE = \left(\begin{array}{c} \text{probabilitas kumulatif} \\ \text{dari negatif pertama margin} \end{array} \right)^x \frac{365}{e}$$

V. Hasil Perhitungan

5.1 Perhitungan Indeks Kinerja Tiap Unit Pembangkit

Unit Pembangkit	AF (%)	SF (%)	MOF (%)	FOF (%)	NCF (%)	NOF (%)
MAK 1	95,154	21,530	4,846	0	9,331	43,338
MAK 2	96,475	30,423	3,524	0	12,145	39,918
MAK 3	96,045	39,849	3,955	0	22,233	55,792
MAK 4	93,825	21,748	6,175	0	12,437	57,185
MAK 5	90,946	19,590	9,054	0	11,845	60,466
MAK 6	92,848	13,975	7,152	0	10,076	72,108

5.2 Perhitungan Indeks Keandalan Pembangkit dengan Metoda Waktu dan Frekuensi

$$\begin{aligned} LOLE &= \text{Probabilitas kumulatif pertama pada margin negatif pertama} \times \frac{365}{e} \\ &= 0,00023737 \times 742,6086957 \\ &= 0,176271052 \text{ hari / tahun} \end{aligned}$$

PT Djarum Kudus di Krapyak C mempunyai LOLE dengan metoda waktu dan frekuensi sebesar 0,176 hari/tahun

Ini berarti unit-unit pembangkit yang sedang beroperasi tidak mampu melayani beban puncak adalah sebesar 0,176 hari/tahun, dan menandakan bahwa unit pembangkit di PT Djarum Kudus Krapyak C andal.

VI. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Unit pembangkit yang sering mengalami gangguan (MOF) atau memiliki tingkat gangguan keluar (FOR) tertinggi adalah unit pembangkit kelima (MAK5)
2. Unit pembangkit yang sering beroperasi (SF), faktor ketersediaan tertinggi, dan faktor kapasitas net (NCF) tertinggi adalah unit pembangkit ketiga (MAK3).
3. Faktor keluaran total terbesar adalah pada unit pembangkit keenam (MAK6).
4. Keandalan pembangkit di PT Djarum Krapyak C pada tahun 2007 sudah sangat baik karena memiliki indeks keandalan sebesar 0,14 hari / tahun.

6.2 Saran

Untuk mengetahui tingkat keandalan secara lebih detail, dapat dilakukan studi lanjutan untuk menghitung indeks keandalan di tiap-tiap titik beban.

SEKIAN

- TERIMA KASIH

