

## ANALISIS GANGGUAN LISTRIK DI PLTU NAGAN RAYA MENGUNAKAN DIAGRAM KENDALI *EXPONENTIALLY WEIGHTED MOVING AVERAGE* DAN *DECISION ON BELIEF*

Roziana<sup>1</sup>, Evi Ramadhani<sup>2</sup>, Samsul Anwar<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Program Studi Statistika, FMIPA, Universitas Syiah Kuala  
e-mail: evi.ramadhani@gmail.com

Diterima: 30 September 2022 , disetujui: 5 Oktober 2022, dipublikasi: 10 Desember 2022

**Abstract:** *Electricity production quality can be measured and controlled using statistical methods, namely control charts. Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) control chart analyzes the state of quality control system using attribute and variable data, whereas Decision On Belief (DOB) control chart uses univariate attribute data. Monthly data on electricity disturbances counts at PLTU Nagan Raya, Aceh during 2018-2020 is used in this study. Shutdown losses of 326 times was the most common type of disturbance at PLTU Nagan Raya during this period. Factors that affect disturbances are material, methods, environment, equipment, and human error. Using the EWMA control chart, there was one point below the lower control limit, i.e. at point 3; whereas there were two points below the lower control limits at points 2 and 3 when DOB control chart is used. This shows that the power disturbance data at PLTU Nagan Raya have not been statistically controlled. Using the Fisher exact test, a p-value of 1 shows that there was no significant difference between the EWMA and DOB control charts in detecting data outside the control limits. The ARL EWMA value of 2.2539 means that on average, EWMA control chart can detect the first uncontrollable condition at point 2.2539.*

**Keywords:** *power failure, EWMA control chart, DOB, Fisher exact.*

**Abstrak:** *Pengukuran dan pengendalian kualitas hasil produksi listrik dapat dilakukan menggunakan metode statistika, yaitu diagram kendali. Diagram kendali Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) dapat menganalisis keadaan sistem pengendalian kualitas menggunakan data atribut dan variabel, sedangkan diagram kendali Decision On Belief (DOB) menggunakan data univariat atribut. Dalam studi ini digunakan data bulanan gangguan listrik di PLTU Nagan Raya, Aceh tahun 2018-2020. Shutdown losses merupakan jenis gangguan yang paling banyak terjadi di PLTU Nagan Raya selama periode tersebut yaitu sebanyak 326 kali. Faktor yang mempengaruhi gangguan ialah faktor material, metode, lingkungan, peralatan, dan manusia. Diagram kendali EWMA menghasilkan satu titik yang berada di luar batas kendali bawah, yaitu pada titik ke-3. Diagram kendali DOB menghasilkan dua titik yang berada di luar batas kendali bawah pada titik ke-2 dan 3. Penerapan diagram kendali EWMA dan DOB untuk data gangguan listrik PLTU Nagan Raya menunjukkan bahwa data tersebut belum terkendali secara statistik. Uji Fisher exact dengan p-value sebesar 1 memperlihatkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara diagram kendali EWMA dan DOB dalam mendeteksi data yang keluar dari batas kendali. Nilai Average Run Lengths (ARL) EWMA sebesar 2,2539 menunjukkan diagram kendali EWMA dapat mendeteksi adanya keadaan tidak terkendali pertama kali rata-rata pada titik ke-2,2539.*

**Kata Kunci:** *gangguan listrik, diagram kendali EWMA, DOB, Fisher exact*

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan masyarakat sehari-hari tidak terlepas dari penggunaan energi listrik. Semakin bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik juga turut meningkat. Pemakaian dan kebutuhan tertinggi daya listrik di Aceh pada tahun 2020 mencapai 487,8 Mega Watt (MW). Daya listrik untuk kebutuhan tersebut berasal dari pembangkit listrik yang terdapat di wilayah Aceh [1]. Kabupaten Nagan Raya merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Aceh yang memiliki pembangkit listrik yang masih aktif beroperasi. Terdapat satu PLTU di Kabupaten Nagan Raya yang menjadi salah satu pemasok listrik terbesar dan memegang peranan yang sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan listrik di wilayah Aceh. Kapasitas mesin produksi yang dimiliki oleh PT PLTU Nagan Raya adalah  $2 \times 100$  MW [2].

Pada tahun 2020 suplai arus dari PLTU Nagan Raya mengalami peningkatan yakni sebelumnya rata-rata minimum per hari sebesar 120 MW tahun 2019 menjadi 160 MW. Walaupun mengalami peningkatan yang sangat bagus dalam menghasilkan daya listrik untuk masyarakat Aceh, mesin produksi listrik di PLTU Nagan Raya sering mengalami gangguan. Terdapat beberapa jenis gangguan yang paling sering terjadi di PLTU Nagan Raya yaitu *start up/shutdown losses* (naik/turun beban), *forced derated* (penurunan secara paksa), dan *derating slip* (penurunan daya) [2]. Gangguan-gangguan tersebut perlu diukur dan dikendalikan agar kualitas produksi listrik tetap terjaga sesuai standar yang direncanakan. Selain itu, pengendalian kualitas juga bertujuan pada adanya peningkatan kepuasan konsumen [3]. Pengukuran dan pengendalian kualitas hasil produksi listrik dapat dilakukan dengan menganalisis ada atau tidak adanya gangguan listrik dilihat dari data jumlah gangguan. Analisis tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode statistika yaitu diagram kendali. Terdapat beberapa metode yang membahas mengenai kualitas dengan karakteristiknya masing-masing, di antaranya adalah diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) dan *Decision On Belief* (DOB)[4].

[5] meneliti pengendalian kualitas produksi botol RC Cola 200 ml di PT. Iglas (Persero) Gresik menggunakan diagram kendali DOB dan diagram kendali C. Hasilnya ialah diagram kendali DOB lebih sensitif dalam mendeteksi kualitas produksi botol RC Cola daripada diagram kendali C; sedangkan penerapan diagram kendali C dengan hanya menggunakan batas kontrol atas lebih sensitif daripada diagram kendali DOB dengan batas kontrol atas. [6] melakukan penelitian yang membandingkan kinerja diagram kendali DOB dan diagram kendali U pada produksi *Crumb Rubber*. Hasil dari penelitian tersebut menyimpulkan bahwa kinerja diagram kendali DOB lebih cepat mendeteksi pergeseran data sehingga dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya proses yang tidak terkendali. [7] meneliti perbandingan kinerja diagram kendali *Cumulative Sum* (CUSUM) dan diagram kendali EWMA. Hasil dari penelitian tersebut ialah diagram kendali EWMA lebih efektif daripada diagram kendali CUSUM dalam mendeteksi adanya pergeseran rata-rata yang relatif kecil pada produksi wajan. [8] juga melakukan penelitian yang membandingkan diagram kendali DOB dan EWMA pada pengendalian kualitas produk etiket rokok. Diperoleh hasil bahwa kinerja diagram kendali DOB memberikan hasil yang lebih sensitif sebesar 6,67% daripada diagram kendali EWMA berdasarkan jumlah data yang *out of control*.

Penelitian ini dilakukan terkait pengukuran kualitas dari data gangguan produksi listrik pada PLTU Nagan Raya menggunakan diagram kendali EWMA dan DOB sebagai alat untuk mengukur kualitas produksi listrik. Selain itu dilakukan perbandingan hasil antara kedua diagram kendali tersebut untuk memilih diagram kendali terbaik untuk mengukur kualitas produksi listrik. Kedua diagram kendali ini sangat dibutuhkan oleh pihak perusahaan untuk meningkatkan kualitas produksi listrik dan dapat meminimalisir gangguan-gangguan saat proses produksi terjadi.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder berupa data bulanan jumlah gangguan produksi listrik di PLTU Nagan Raya dari periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2020. Terdapat informasi tambahan yaitu data hasil *interview* dengan salah satu pegawai PLTU Nagan Raya di bagian operasional terkait dengan beberapa penyebab gangguan saat proses produksi berlangsung untuk memperoleh diagram sebab akibat.

Tabel 1. Definisi operasional variabel

Jenis amatan	Keterangan
Gangguan 1	<i>Start up/shutdown losses</i>
Gangguan 2	<i>Forced derating</i> (penurunan secara paksa)
Gangguan 3	<i>Derating slip</i> (penurunan daya)
Gangguan 4	Gangguan lainnya (FO, PD, PO, SYS, Env.D)

### Diagram Kendali EWMA

Diagram kendali *Exponentially Weighted Moving Average* (EWMA) adalah diagram kendali yang digunakan untuk memonitor data atribut maupun data variabel. Diagram kendali EWMA bekerja dengan cara mempertimbangkan sampel terakhir sebagai titik yang diamati. Selain itu EWMA juga menggabungkan informasi dalam barisan nilai sampel sebelumnya untuk memperoleh titik plot yang nantinya akan diamati pada grafik [4]. EWMA didefinisikan sebagai berikut.

$$Q_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)Q_{i-1} \quad (1)$$

dengan  $0 < \lambda \leq 1$  adalah konstanta.  $x_i$  = data sampel. Untuk sampel pertama pada  $i = 1$  maka diperlukan nilai awal  $Q_{i-1}$  yang didefinisikan sebagai berikut.

$$Q_{i-1} = z_0 = \mu_0 \quad (2)$$

Terkadang rata-rata data awal digunakan sebagai nilai awal dari EWMA sehingga  $Q_0 = \mu_0 = \bar{x}$ . Diagram kendali EWMA dibangun dengan memplot  $Q_i$  dengan nomor sampel ke- $i$ . GT, Batas Kendali Bawah (BKA) dan Batas Kendali Atas (BKA) pada diagram kendali EWMA dapat dihitung menggunakan persamaan (3), (4) dan (5) berikut:

$$GT = \mu_0 \quad (3)$$

$$BKA = Q_0 + L\sigma \sqrt{\frac{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]}{2-\lambda}} \quad (4)$$

$$BKB = Q_0 - L\sigma \sqrt{\frac{\lambda[1-(1-\lambda)^{2i}]}{2-\lambda}} \quad (5)$$

Sebagai catatan, nilai  $L = 2,814$  dan  $\lambda = 0,10$  merupakan nilai yang populer digunakan untuk membuat diagram kendali EWMA [4].

### Diagram Kendali DOB

Diagram kendali *Decision on Belief* (DOB) digunakan untuk mengendalikan kualitas data univariat dan dalam diagram DOB ini karakteristik kualitasnya tidak memerlukan asumsi [9]. Dengan mengasumsikan pengamatan tunggal atau individu, dimisalkan  $O_i = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  yang merupakan vektor pengamatan pada iterasi ke- $i$ , di mana  $x$  adalah jumlah ketidaksesuaian pada produk yang diteliti.  $B(x_{i-1}, O_{i-1})$  diasumsikan sebagai proses keadaan *in-control*. Kemudian jika dimisalkan  $B(O_{i-1}) = B(x_{i-1}, O_{i-2})$  sebagai pengamatan sebelumnya dalam keadaan *in control*, maka untuk memperoleh batas kendali didefinisikan sebagai berikut [8].

$$B(x_i, O_{i-1}) = B(O_i) = \frac{B(O_{i-1}) \exp\left(\frac{x_i - \mu_0}{\sigma_0}\right)}{B(O_{i-1}) \exp\left(\frac{x_i - \mu_0}{\sigma_0}\right) + (1 - B(O_{i-1}))} \quad (6)$$

Selanjutnya berdasarkan persamaan (8) diperoleh Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) untuk  $B(x_i, O_{i-1})$  yaitu:

$$BKB_{B(x_i, O_{i-1})} = \frac{e^{k\sqrt{i}}}{e^{k\sqrt{i}} + 1} \quad (7)$$

$$BKB_{B(x_i, O_{i-1})} = \frac{e^{-k\sqrt{i}}}{e^{-k\sqrt{i}} + 1} \quad (8)$$

Dengan

$B(x_i, O_i - 1)$  : Titik plot diagram kendali *Decision On Belief* pada subgroup ke- $i$

$k$  : Kelipatan standar deviasi pada batas kendali *Decision On Belief*

$i$  : Subgrup pengamatan data cacat

### Perbandingan Diagram Kendali EWMA dan DOB

Persentase merupakan sebuah angka atau perbandingan yang dilakukan untuk menyatakan sebuah pecahan dari seratus. Selain itu persentase juga digunakan apabila tidak terdapat unsur ratusan. Bilangan tersebut dapat diskalakan agar dapat dibandingkan dengan seratus. Persentase adalah cara yang berguna untuk membuat perbandingan [10].

Perbandingan antara peta kendali DOB dan EWMA dapat dilakukan dengan menggunakan persentase jumlah *out of control*. Persentase jumlah *out of control* pada peta kendali diperoleh berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{jumlah data out control}}{\text{Total data}(n)} \times 100\% \quad (9)$$

**Fisher Exact**

Uji *Fisher exact probability test* digunakan untuk menguji signifikansi hipotesis komparasi dua sampel independen yang jumlahnya kecil  $\{(n_1 + n_2)\} < 2\}$  apabila datanya dalam bentuk nominal. Untuk memudahkan perhitungan dalam pengujian hipotesis, maka data hasil pengamatan perlu disusun ke dalam tabel kontingensi 2x2 sebagai berikut

Tabel 2. Tabel kontingensi 2x2 [11]

Kelompok	1	2	Jumlah
I	A	B	A+B
II	C	D	C+D
Jumlah	A+C	B+D	N

Langkah-langkah pengujian hipotesisnya adalah sebagai berikut:

$H_0$  : Tidak terdapat perbedaan antara kelompok 1 dengan kelompok 2

$H_1$  : Terdapat perbedaan antara kelompok 1 dengan kelompok 2

Statistik uji:

$$p = \frac{(A+B)!(C+D)!(A+C)!(B+D)}{N!(A)!(B)!(C)!(D)!}$$

(10)

Kriteria pengujian :

Jika *p-value* >  $\alpha$  maka  $H_0$  gagal ditolak, yang artinya tidak terdapat perbedaan antara kelompok 1 dengan kelompok 2.

**Average Run Length (ARL)**

Diagram kendali EWMA merupakan diagram kendali yang sangat efektif terhadap pergeseran proses kecil. Dalam diagram ini, desain grafiknya merupakan kelipatan sigma yang digunakan pada batas kendali (L) dan nilai  $\lambda$ . Pemilihan parameter ini bertujuan untuk memberikan kinerja ARL dari bagan kendali EWMA untuk mendeteksi pergeseran kecil [4].

Terdapat beberapa teori tentang sifat ARL untuk diagram kendali EWMA. Salah satunya adalah hasil penelitian yang dilakukan oleh [12]. Pada penelitian ini, simulasi nilai ARL dilakukan dengan bantuan program komputasi C. Didapatkan bahwa diagram kendali EWMA akan berkinerja dengan baik apabila menggunakan parameter  $\lambda = 0,40$  dengan  $L=3,054$ ,  $\lambda = 0,25$  dengan  $L = 2,998$ ,  $\lambda = 0,20$  dengan  $L = 2,962$ ,  $\lambda = 0,10$  dengan  $L = 2,814$ , dan  $\lambda = 0,05$  dengan  $L = 2,615$ . Tabel 3 menunjukkan perolehan nilai kinerja ARL pada diagram kendali EWMA untuk parameter yang direkomendasikan [12].

Tabel. 3 Kinerja ARL Diagram kendali EWMA

<i>Shift in mean</i> ( <i>Multiple of <math>\sigma</math></i> )	L=3,054 $\lambda = 0,40$	L=2,998 $\lambda = 0,25$	L=2,962 $\lambda = 0,20$	L=2,814 $\lambda = 0,10$	L=2,615 $\lambda = 0,05$
0,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
0,25	224,00	170,00	150,00	106,00	84,10
0,50	71,20	48,20	41,80	31,30	28,80
0,75	28,40	20,10	18,20	15,90	16,40
1,00	14,30	11,10	10,50	10,30	11,40
1,50	5,90	5,50	5,50	6,10	7,10
2,00	3,50	3,60	3,70	4,40	5,20
2,50	2,50	2,70	2,90	3,40	4,20
3,00	2,00	2,30	2,40	2,90	3,50
4,00	1,40	1,70	1,9	2,20	2,70

Jika  $\Delta\mu$  merupakan deviasi perubahan nilai rata-rata akibat pergeseran atas nilai target, dengan standar deviasi ( $\sigma$ ), maka besar pergeseran rata-rata proses dalam unit standar deviasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [13]:

$$\Delta\mu = \mu_1 - \mu_0 \quad (11)$$

$$\delta = \frac{\Delta\mu}{\sigma} \quad (12)$$

dengan

$\sigma \neq 0$

$\mu_1$  : Nilai rata-rata gangguan produksi listrik

$\mu_0$  : Nilai rata-rata target suatu perusahaan

$\delta$  : Nilai pergeseran

Apabila nilai ARL tidak diperoleh dengan menggunakan persamaan (12), maka dapat menggunakan persamaan berikut [14]:

$$A = A_0 + \left( \frac{A_1 - A_0}{B_1 - B_0} \right) (B - B_0) \quad (13)$$

dengan

A= nilai ARL yang dicari

$A_0$ = nilai ARL awal yang diketahui

$A_1$ = nilai ARL akhir yang diketahui

B = nilai pergeseran yang dicari

$B_0$  = nilai pergeseran awal yang diketahui

$B_1$ = nilai pergeseran akhir yang diketahui

### Tahapan Analisis

Adapun tahapan analisis data gangguan produksi listrik dari kedua unit untuk mengetahui kualitas dari data gangguan listrik yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Analisis statistika deskriptif melalui diagram pareto untuk menentukan prioritas perbaikan; serta pembuatan *fishbone diagram* untuk mencari faktor-faktor penyebab yang dominan
2. Pembuatan diagram kendali EWMA dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Penentuan nilai rata-rata
  - b. Perhitungan nilai standar deviasi
  - c. Perhitungan titik plot ke-1 yaitu  $Q_1$  sampai plot ke-n yaitu  $Q_n$  dengan menggunakan Persamaan (1)

- d. Perhitungan nilai GT, BKA, dan BKB menggunakan Persamaan (3), (4), (5)
- e. Pembuatan diagram kendali EWMA
- f. Interpretasi hasil
3. Pembuatan diagram kendali DOB dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - a. Pembuatan diagram kendali DOB diawali dengan perhitungan nilai dari  $B(O_i)$  yang dihitung berdasarkan Persamaan (6)
  - b. Perhitungan nilai BKA dan BKB menggunakan Persamaan (7) dan (8).
  - c. Pembuatan diagram kendali DOB
  - d. Interpretasi hasil
4. Perbandingan diagram kendali DOB dan diagram kendali EWMA berdasarkan nilai persentase menggunakan Persamaan (9)
5. Uji Fisher exact untuk melihat perbedaan signifikan antara dua diagram kendali.
6. Perhitungan nilai ARL data *out of control* diagram kendali EWMA menggunakan Persamaan (12)
7. Penarikan kesimpulan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui gambaran umum dari data jumlah gangguan listrik di PLTU Nagan Raya periode 2018-2020, dan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis deskriptif variabel penelitian

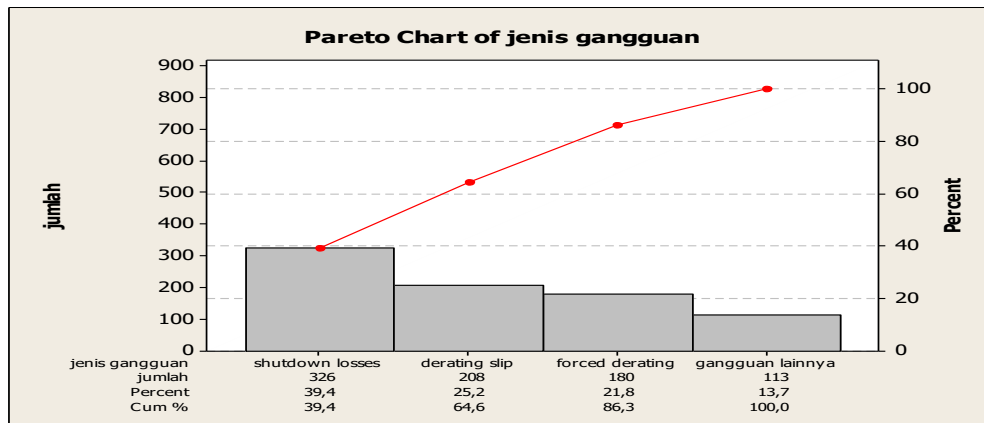
Jenis Gangguan	Mean	StDev	Minimum	Maksimum
<i>Losses/ Start up</i> (SD)	13,58	9,85	0	34
<i>Derating Slip</i> (DS)	7,50	7,13	0	28
<i>Forced Derating</i> (FD)	8,67	5,35	1	21
Gangguan Lainnya	4,70	3,11	1	16

Jenis gangguan yang paling banyak terjadi di PLTU Nagan Raya dalam kurun waktu Januari 2018 sampai Desember 2020 adalah *losses/ start up* (SD), dengan rata-rata 13,58 gangguan per bulannya. Standar deviasi gangguan jenis ini sebesar 9,85 gangguan per bulan merupakan yang terbesar dibandingkan jenis gangguan lainnya. Di samping itu, gangguan listrik terbanyak per bulan juga adalah dari jenis SD ini yaitu 34 gangguan dalam satu bulan.

### Diagram Pareto

Gangguan-gangguan yang terjadi di PLTU Nagan Raya diurutkan berdasarkan jumlah gangguan, mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil, dan dihitung persentase kumulatifnya. Persentase kumulatif berguna untuk mengetahui jumlah akhir atau jumlah terbaru semua persentase gangguan listrik PLTU Nagan Raya. Diagram pareto untuk data gangguan di PLTU Nagan Raya ditampilkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram pareto data gangguan PLTU Nagan Raya periode 2018-2020

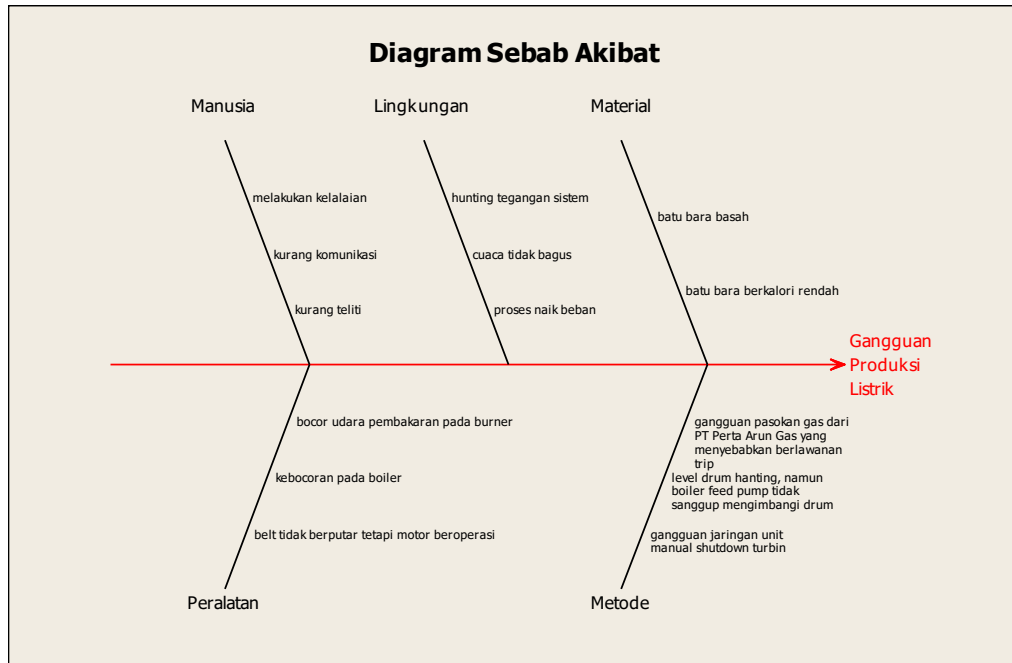
Pada Gambar 1, data gangguan yang terjadi pada PLTU Nagan Raya tahun 2018-2020 didominasi oleh jenis gangguan *shutdown losses/ start up* (SD) yaitu sebesar 39%. Selibuhnya gangguan *derating slip* (DS) sebesar 25%, *forced derating* (FD) sebesar 22%, dan gangguan lainnya sebesar 14%. Perbaikan yang harus segera dilakukan yaitu dengan memfokuskan pada gangguan terbesar, yakni *shutdown losses/ start up* (DS).

### Diagram Sebab Akibat

Berdasarkan data yang didapatkan, diketahui bahwa terdapat beberapa faktor yang paling sering terjadi saat proses produksi listrik berlangsung, yaitu faktor manusia, metode, peralatan, lingkungan, dan material. Sebagai alat bantu untuk mendeteksi penyebab terjadinya gangguan listrik di PLTU Nagan Raya, digunakan diagram sebab akibat yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2 memperlihatkan penyebab gangguan pada saat proses produksi listrik di PT PLN (Persero) Unit Pembangkitan Nagan Raya menurut kelima faktor yang telah disebutkan. Penyebab gangguan dari faktor material yaitu batu bara basah dan berkalori rendah. Penyebab gangguan dari faktor metode yaitu adanya gangguan jaringan, level drum *hunting* namun *Boiler Feed Pump* (BFP) tidak sanggup mengimbangi pengisian drum, dan gangguan pasokan gas dari PT Perta Arun Gas (PAG). Dari faktor lingkungan, adanya *hunting* tegangan sistem, proses naik beban, dan cuaca tidak bagus, menjadi penyebab terganggunya listrik. Sedangkan dari faktor peralatan, gangguan listrik terjadi akibat kebocoran pada *boiler*, *belt* tidak berputar tetapi motor beroperasi, dan bocor udara pembakaran pada *burner*. Dari faktor manusia, gangguan dapat terjadi akibat kelalaian, kurangnya komunikasi, dan ketidaktelitian.





Gambar 2. Diagram Sebab Akibat Gangguan Listrik Di PLTU Nagan Raya

### Diagram Kendali EWMA

Langkah pertama yaitu perhitungan rata-rata ( $\bar{X}$ ) dan standar deviasi ( $\sigma$ ) data gangguan PLTU Nagan Raya. Diagram kendali untuk data atribut mengikuti distribusi Poisson dengan rata-rata dan varians mempunyai nilai yang sama yaitu  $\beta$ , sehingga diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi sebagai berikut:

$$\hat{\mu} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1}{24} (827) = 34,458$$

dan

$$\sigma = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}} = \sqrt{34,45} = 5,87$$

Berdasarkan perhitungan di atas, diperoleh nilai rata-rata jumlah gangguan di PLTU Nagan Raya sebesar 34,458. Nilai tersebut merupakan nilai awal dari EWMA, yaitu  $Q_0 = \bar{X} = 34,458$ .

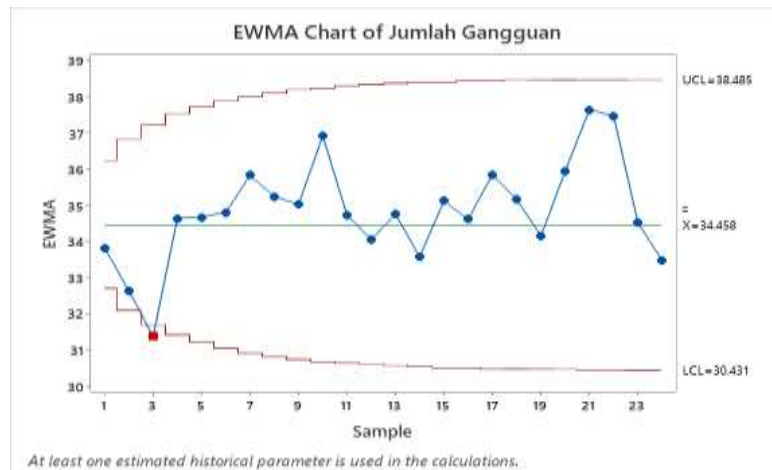
Untuk mendapatkan nilai masing-masing statistik  $Q_i$  dari tiap titik plot, digunakan persamaan (1). Dalam hal ini, titik pengamatan pada diagram kontrol EWMA tidak dapat dihilangkan ketika terjadi *out of control* karena saling berkaitan. Nilai yang digunakan dalam diagram kendali EWMA untuk  $\lambda = 0.1$  dan  $L = 2,814$  adalah

$$\begin{aligned} Q_1 &= \lambda x_1 + (1 - \lambda)Q_0 \\ &= (0,1)(28) + (0,9) (34,458) \\ &= 2,8 + 31,00 \\ &= 33,81 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= \lambda x_2 + (1 - \lambda)Q_1 \\ &= (0,1)(22) + (0,9) (33,81) \\ &= 2,2 + 30,429 \\ &= 32,629 \end{aligned}$$

Melalui cara perhitungan yang sama, diperoleh nilai statistik  $i_1 - i_{24}$ . Setelah memperoleh nilai  $i_1 - i_{24}$ , langkah selanjutnya adalah menghitung BKA dan BKB dari diagram kendali EWMA dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

Selanjutnya adalah pembuatan diagram kendali EWMA untuk menampilkan gangguan listrik PLTU Nagan Raya yang masih berada di dalam garis batas kendali dan yang berada di luar garis batas kendali. Diagram kendali EWMA ditunjukkan pada Gambar 3, dengan BKA = UCL (*Upper Control Limit*) dan BKB = LCL (*Lower Control Limit*).



Gambar 3. Diagram kendali EWMA PLTU Nagan Raya tahun 2018-2020

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada batas kendali atas (BKA) tidak terdapat titik yang keluar dari batas kendali. Di sisi lain, pada batas kendali bawah (BKB) terdapat satu titik yang berada di luar BKB yaitu titik plot 3. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa data gangguan listrik di PLTU Nagan Raya masih belum terkendali secara statistik meskipun hanya satu titik saja yang terdeteksi *out control*. Titik plot yang berada di luar batas kendali bawah diagram kendali EWMA menunjukkan bahwa terjadi penyebab-penyebab terduga selama proses produksi listrik berlangsung

### Diagram Kendali DOB

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan diagram kendali DOB adalah perhitungan nilai masing-masing statistik  $B(O_i)$  dari subgrup menggunakan persamaan (6). Dalam hal ini, nilai masing-masing statistik  $B(O_i)$  saling berkaitan, yaitu nilai statistik  $B(O_1)$  dibutuhkan untuk mencari nilai statistik  $B(O_2)$ , dan seterusnya hingga mendapatkan nilai  $B(O_{24})$ .

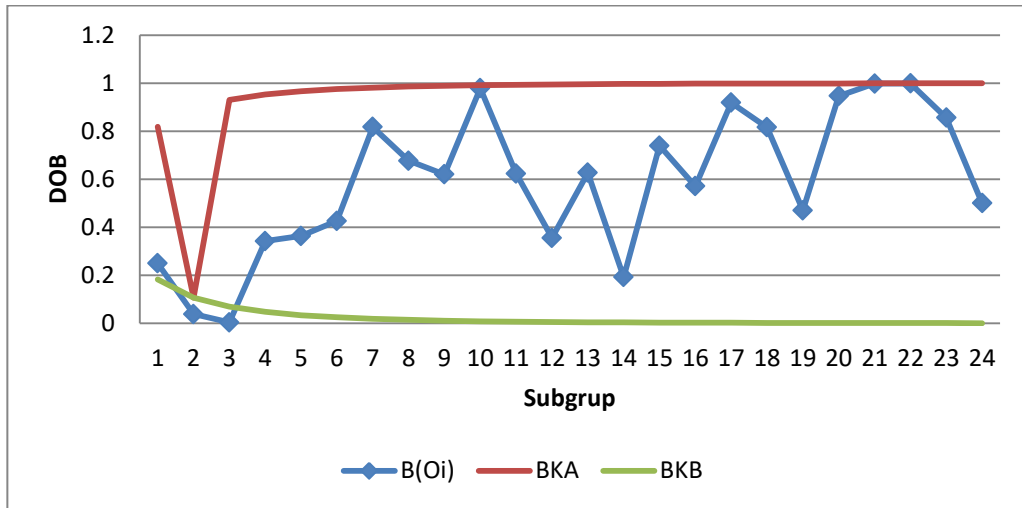
Titik plot sama dengan  $B(O_0)$  dalam tahap awal, yaitu 0,5 [9]. Kemudian untuk perhitungan titik plot ke-2 yaitu nilai statistik  $B(O_1)$  sampai dengan titik plot ke-24  $B(O_{24})$ , yaitu nilai statistik  $B(O_{24})$ , dijabarkan sebagai berikut:

$$B(O_1) = \frac{(0,5)e^{\frac{28-34,46}{5,87}}}{(0,5)e^{\frac{28-34,46}{5,87}} + (1 - 0,5)} = 0,249701$$

Kemudian dengan menggunakan langkah yang sama, nilai statistik  $B(O_1)$  dapat digunakan untuk menghitung nilai statistik  $B(O_2)$ , dan dilanjutkan hingga diperoleh nilai statistik  $B(O_i)$  untuk  $i_{24}$ . Setelah diperoleh nilai  $B(O_i)$ , selanjutnya adalah penentuan batas kendali atas (BKA) dan batas kendali bawah (BKB) dari diagram kendali *Decision On Belief* (DOB) dengan menggunakan persamaan (7) dan (8).

Setelah nilai BKA dan BKB didapatkan, maka langkah selanjutnya yaitu pembuatan diagram kendali DOB data gangguan produksi listrik yang berada di dalam

batas kendali dan di luar batas kendali. Diagram kendali DOB dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram kendali DOB data gangguan listrik PLTU Nagan Raya

Berdasarkan Gambar 4, tidak terdapat titik plot yang berada di luar batas kendali atas (BKA). Terdapat dua titik plot yang berada di luar batas kendali bawah (BKB) yaitu titik plot ke-2 dan 3, sehingga dapat dikatakan bahwa proses produksi listrik di PLTU Nagan Raya belum terkendali secara statistik. Titik-titik plot yang berada di luar batas kendali bawah diagram kendali DOB menunjukkan adanya penyebab-penyebab terduga gangguan-gangguan pada saat proses produksi listrik. Penyebab-penyebab tersebut dapat diketahui melalui *fishbone diagram*.

#### Perbandingan Diagram Kendali EWMA dan DOB

Hasil perhitungan persentase jumlah data *out of control* diagram kendali EWMA dan DOB disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Persentase data *out of control* diagram kendali EWMA dan DOB

Diagram kendali	Banyaknya amatan <i>Out of Control</i>	Persentase
EWMA	1	$\frac{1}{24} \times 100\% = 4,16\%$
DOB	2	$\frac{2}{24} \times 100\% = 8,33\%$

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa pengendalian kualitas produksi listrik menggunakan diagram kendali EWMA menghasilkan satu amatan *out of control*. Di sisi lain, penerapan diagram kendali DOB menghasilkan dua amatan *out of control*. Dapat dikatakan bahwa diagram kendali DOB memiliki amatan *out of control* lebih banyak dibandingkan amatan *out of control* pada diagram kendali EWMA. Secara statistika, dapat digunakan uji *Fisher Exact* untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan terhadap sensitifitas kedua diagram kendali.

### Uji Sensitifitas Diagram Kendali EWMA dan DOB

Statistik uji yang dapat digunakan untuk mengetahui bahwa data *out of control* yang diperoleh memiliki perbedaan antar diagram kendali adalah *Fisher Exact*. Untuk memudahkan perhitungan dalam pengujian hipotesis, data hasil pengamatan perlu disusun dalam tabel kontingensi 2x2 seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Tabel kontingensi 2x2 untuk uji *Fisher Exact*

Diagram Kendali	<i>In Control</i>	<i>Out Control</i>
EWMA	23 (95,8%)	1 (4,2%)
DOB	22 (91,7%)	2 (8,3%)

Hipotesis uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

- $H_0$ : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara diagram kendali EWMA dan DOB dalam mendeteksi data yang keluar dari batas kendali.
- $H_1$ : Terdapat perbedaan yang signifikan antara diagram kendali EWMA dan DOB dalam mendeteksi data yang keluar dari batas kendali.

Berdasarkan hasil pengujian *Fisher's*, diperoleh nilai *p-value* sebesar 1 yang lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , yang artinya  $H_0$  gagal ditolak. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara diagram kendali EWMA dan DOB dalam mendeteksi data yang keluar dari batas kendali.

### Average Run Length (ARL) EWMA

Pada perusahaan PLTU Nagan Raya, diketahui nilai rata-rata target perusahaan yaitu sebesar 11,42. Nilai tersebut diperoleh dari indikator *Equivalent Forced Outage Rate* (EFOR). Sebelum menghitung nilai ARL untuk diagram kendali EWMA, perlu diketahui terlebih dahulu nilai rata-rata gangguan produksi listrik ( $\mu_1$ ) dan nilai rata-rata target perusahaan ( $\mu_0$ ). Pada penelitian ini, diketahui bahwa nilai rata-rata gangguan produksi listrik  $\mu_1 = 34,458$ , nilai rata-rata target perusahaan  $\mu_0 = 11,42$  dan nilai standar deviasi  $\sigma = 5,87$ . Langkah pertama untuk mendapatkan nilai ARL yaitu menghitung nilai pergeseran ( $\delta$ ) yang diperoleh dengan menggunakan persamaan (12).

$$\delta = \frac{\Delta\mu}{\sigma} = \left( \frac{34,458 - 11,42}{5,87} \right) = 3,924$$

Nilai 3,923 menunjukkan bahwa rata-rata proses mengalami pergeseran ke atas sebesar 3,924. Setelah mendapatkan nilai pergeseran, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai ARL EWMA mengacu pada Tabel 2. Parameter yang diambil pada penelitian ini adalah  $L = 2,814$  dan  $\lambda = 0,10$ . Dapat diketahui dari Tabel 2, tidak terdapat nilai ARL untuk besar pergeseran  $\delta = 3,924$ . Oleh karena itu, nilai ARL dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (13). Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa besar pergeseran ( $\delta$ ) = B = 3,924 terletak di antara 3,00 dan 4,00, dengan  $B_0 = 3,00$  dan  $B_1 = 4,00$ . Apabila mengacu pada tabel 2, nilai ARL untuk  $B_0 = 3,00$  adalah  $A_0 = 2,90$  dan nilai ARL untuk  $B_1 = 4,00$  adalah  $A_1 = 2,20$ . Maka nilai ARL untuk pergeseran ( $\delta$ ) = B = 3,923 dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= 2,90 + \left( \frac{2,20 - 2,90}{4,00 - 3,00} \right) (3,923 - 3,00) \\ &= 2,90 + (-0,6461) \\ &= 2,2539 \end{aligned}$$

Diperoleh nilai ARL untuk diagram kendali EWMA dengan nilai pergeseran ( $\delta$ ) = 3,924 adalah sebesar 2,2539. Ini berarti diagram kendali EWMA dapat mendeteksi adanya keadaan tidak terkendali pertama kali rata-rata pada titik ke-2,2539.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah pada diagram kendali EWMA di batas kendali bawah (BKB) terdapat satu titik yang berada di luar batas kendali, yaitu titik plot ke-3; sehingga dapat dikatakan bahwa data gangguan listrik di PLTU Nagan Raya masih belum terkendali secara statistik. Di sisi lain, dengan menggunakan diagram kendali DOB didapatkan dua titik data yang keluar dari batas kendali bawah (BKB) yaitu titik plot ke-2 dan ke-3; sehingga dapat dikatakan bahwa data gangguan listrik di PLTU Nagan Raya masih belum terkendali secara statistik. Persentase amatan *out of control* untuk diagram kendali EWMA adalah sebesar 4,16%, sedangkan untuk diagram kendali DOB sebesar 8,33%. Namun ketika diuji dengan uji *Fisher Exact* diperoleh nilai *p-value* sebesar 1 yang lebih besar dari  $\alpha = 0,05$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara diagram kendali EWMA dan DOB dalam mendeteksi data yang keluar dari batas kendali. Nilai ARL diagram kendali EWMA didapatkan sebesar 2,2539, yang artinya diagram kendali EWMA dapat mendeteksi adanya keadaan tidak terkendali pertama rata-rata pada titik ke-2,2539.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Provinsi Aceh. (2019). Listrik, PLN dan ketahanan pangan. <https://bappeda.acehprov.go.id/berita/index?page=7&per-page=10> [diakses 8 Juli 2021]
- [2] PLTU Nagan Raya. (2019). *Profil PLTU Nagan Raya*. Nagan Raya : Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Nagan Raya.
- [3] Elmas, M. S. H. (2017). Pengendalian kualitas dengan menggunakan metode Statistical Quality Control (SQC) untuk meminimumkan produk gagal pada toko roti Barokah Bakery. *Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi WIGA*. **7(1)**: 15–22.
- [4] Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control*. 6<sup>th</sup> ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [5] Fuady, A. Z., Mashuri, M. (2014). Pengendalian kualitas produksi botol RC Cola 200 ml di PT. IGLAS (Persero) Gresik menggunakan diagram kontrol DOB (Decision On Belief). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. **3(2)**: 254–259.
- [6] Vindasari, M. R., Helmi, Imro'ah, N. (2020). Perbandingan kinerja diagram kendali *Decision On Belief* (DOB) dan diagram kendali U pada produksi

*crumb rubber. Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*. **9 (4)**: 559-566.

- [7] Wijayanti, D. T., Helmi, Imro'ah, N. (2020). Perbandingan kinerja diagram kendali Cumulative Sum dan diagram kendali Exponentially Weighted Moving Average. *Buletin Ilmiah Mat. Stat. dan Terapannya (Bimaster)*, **9 (4)**: 549–558.
- [8] Yulianti, F. (2017). Perbandingan kinerja diagram kontrol EWMA (*Exponentially Weighted Moving Average*) dan DOB (*Decision On Belief*) pada pengendalian kualitas produk etiket rokok: studi kasus PT. Gudang Garam Direktorat Grafika [skripsi]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [9] Nezhad, M. S., Niaki, S. T. A. (2010). A new monitoring design for univariate statistical quality control charts. *Information Sciences*. **180 (6)**: 1051–1059.
- [10] Mathcentre. (2009). Percentages.  
<https://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/mc-ty-percent-2009-1.pdf>  
[diakses 9 Juli 2021]
- [11] Siegel, S. (1997). *Statistik Nonparametrik untuk Ilmu-Ilmu Sosial*. Terjemahan Z. Soejoeti & L. R. Simatupang. Jakarta: Gramedia.
- [12] Lucas, J.M., Saccucci, M.S. (1990). Exponentially Weighted Moving Average Control schemes: Properties and enhancements. *Technometrics*. **32 (1)**: 1-12.
- [13] Darmanto. (2012). *Statistika Pengendalian Mutu Lanjutan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [14] Sistem Manajemen Inspeksi Ketenagalistrikan. (2017). Inspeksi gangguan pasokan daya listrik pada sistem transmisi 150 kV Sigli – Nagan Raya dan PLTU Nagan Raya. Direktorat Teknik dan Lingkungan Ketenagalistrikan, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. <http://inspektur.djk.esdm.go.id/berita/inspeksi-gangguan-pasokan-daya-listrik-pada-sistem-transmisi-150-kv-sigli--nagan-raya-dan-pltu-nagan-raya> [diakses 9 Juli 2021]