

# Studi Performansi Air Bersih Pada Peta Kendali Untuk Minimasi Fungsi Kerugian Waste

Mastiadi Tamjidillah<sup>1,2,\*</sup>, Pratikto<sup>3</sup>, Purnomo Budi Santoso<sup>4</sup>, Sugiono<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Doktor Ilmu Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat Banjarmasin

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang

<sup>4</sup> Jurusan Teknik Industri Uiniversitas Brawijaya Malang

\* E-mail : mastiadit@yahoo.com

**Abstrak.** Banyak produk air baku yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan oleh perusahaan air minum, sehingga diperlukan analisis masalah, mencari dan menganalisis penyebab dan berusaha menghilangkannya, salah satu tool yang digunakan untuk mendapatkan informasi perbaikan digunakan peta kendali untuk meningkatkan kualitas produk air bersih. Untuk mendapatkan informasi tentang performansi peta kendali variabel dengan analisis sistem state dapat dilihat dari nilai ARL, pola plot data serta fungsi kerugian yang dibandingkan dengan peta kendali  $\bar{X}$  Shewhart. Untuk produksi air bersih diperlukan beberapa kriteria seperti aspek fisik, kimia dan lainnya. Kriteria tersebut disesuaikan dengan standar air bersih yang telah ditetapkan. Dari analisis performansi peta kendali variabel yang dilakukan pada produk air baku yang digunakan untuk produksi air bersih didapatkan pola plot data yang terkendali serta penurunan fungsi kerugian karena sebaran. Dengan menggunakan alternatif diproses untuk air bersih dengan penurunan harga jual yang dinyatakan dengan ukuran keuangan ternyata masih dapat digunakan dan mendapatkan keuntungan dari harga produk yang dijual.

**Kata Kunci:** Air Baku, Air Bersih, Peta Kendali, Performansi

## 1. Pendahuluan

Keberadaan air bersih (*fresh water*) dimanapun baik perkotaan dan pedesaan sangat penting karena banyaknya aktifitas kehidupan masyarakat yang dinamis, untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut penduduk memerlukan ketersediaan yang cukup oleh penyedia air bersih yang memenuhi standar kesehatan. Karena tiga per empat bumi adalah air, sama seperti manusia yang 55% - 78% tubuhnya terdiri dari air, dengan demikian air merupakan sumberdaya alam yang sangat strategis dan vital bagi kehidupan manusia dan pembangunan serta keberadaannya tidak digantikan oleh materi lainnya. Air baku merupakan bagian dari sumberdaya alam sekaligus juga sebagai bagian dari ekosistem. Kuantitas dan kualitasnya pada lokasi dan waktu tertentu tergantung dan dipengaruhi oleh berbagai hal, berbagai kepentingan dan tujuan. Air baku untuk air bersih ketersediaannya semakin menurun, sehingga air menjadi barang yang sangat diperlukan dan belum semua orang yang ada peduli akan hal ini. Air merupakan salah satu sumber kehidupan atau sumber daya alam yang amat penting bagi kehidupan, tanpa air makhluk hidup yang ada diatas muka bumi akan mati.

Pemanfaatan air baku dalam pengelolaan pengembangan sistem penyediaan air minum (SPAM), pengelolaan dan penyediaan air bersih (*public water supply*) pada dasarnya memerlukan air yang langsung dapat diminum (*potable water*). Air yang dimaksud harus aman (sehat) dan bagus untuk diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dengan rasa yang segar. Air bersih harus mempunyai kualitas baik dengan kriteria secara fisik, kimiawi maupun biologi untuk mencegah timbulnya penyakit. Secara umum persyaratan kualitas air bersih diatur dalam Permenkes No. 82 tahun 2001. Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan tertentu dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia, mulai dari air untuk memenuhi kebutuhan langsung yaitu air minum, mandi dan cuci.

Dengan melihat fungsi air bersih terhadap kehidupan dan meminimasi waste dan fungsi kerugian maka permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan performansi peta kendali  $\bar{X}$  Shewhart dengan mengembangkan peta kendali  $\bar{X}$  yang dianalisis dengan sistem state, serta bagaimana melakukan tindakan perbaikan agar produk air bersih yang tidak sesuai dengan spesifikasi dihilangkan, sehingga waste dan biaya fungsi kerugian dapat dikurangi.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan tindakan perbaikan berdasarkan kondisi plot data dalam peta kendali.
2. Mengevaluasi performansi peta kendali  $\bar{X}$  Shewhart dan peta kendali  $\bar{X}$  dengan analisis system state.
3. Minimasi waste dan biaya fungsi kerugian (loss function).

### Tinjauan Pustaka

Peta kendali dalam penelitian ini termasuk peta kendali variabel untuk mengukur karakteristik kualitas produk secara kuantitatif (berdasarkan hasil pengukuran). Ada beberapa peta kendali yang termasuk jenis ini adalah:

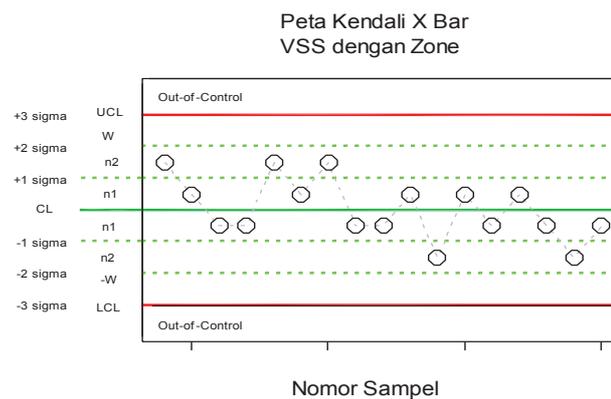
- Peta Kendali  $\bar{X}$  - R
- Peta Kendali  $\bar{X}$  - S
- Peta Kendali  $\bar{X}$  - MA
- Peta Kendali  $T^2$

### Kegunaan peta kendali

Menurut [1], terdapat 5 (lima) alasan kegunaan peta kendali antara lain:

1. Peta kendali adalah teknik yang berguna untuk meningkatkan performansi, produktifitas, jika peta kendali berhasil maka akan mengurangi buangan (*waste*), pengerjaan ulang (*rework*), kerugian berkurang dan kapasitas produksi bertambah.
2. Peta kendali efektif dalam pencegahan produk cacat. Peta kendali mencegah penyesuaian proses yang tidak perlu dan dapat membedakan antara *common cause* dan gangguan yang *common spesial cause*.
3. Peta kendali memberikan informasi diagnostik dan pola plot data bagi operator. Informasi ini memberikan perubahan dalam proses untuk meningkatkan produknya.
4. Peta kendali memberikan informasi terhadap kemampuan proses dan nilai parameter proses yang penting terhadap stabilitas waktu.

Suatu evaluasi terhadap peta kendali  $\bar{X}$  Shewhart tentang penyesuaian ukuran sampel pada dua state diperkenalkan oleh [2] dan peta kendali tiga state diusulkan oleh [1], Output lain dari performansi peta kendali adalah pola plot data dan nilai fungsi kerugian [3]. Gambar dibawah memperlihatkan sebuah peta kendali variabel dengan sistem state.



Gambar 1. Peta Kendali  $\bar{X}$  dengan sistem Zone atau State

### Average Run Length (ARL)

Menurut [5], *Run Length* adalah jumlah titik sampel yang harus diplot sebelum suatu titik sampel menunjukkan keadaan tidak terkendali, sedangkan ARL adalah rata-rata dari run length. Tujuan utama dari dari suatu proses pengendalian adalah;

1. Untuk mendeteksi pergeseran sedini mungkin, ini dapat dideteksi dari out-of-control ARL yang kecil.

2. Untuk menjaga proses tetap terkendali, hal ini dapat dideteksi dari in-control ARL yang besar.

- Proses terkendali (in-control)

Secara umum persamaan untuk perhitungan ARL adalah ;

$$ARL_0 = \frac{1}{p} \quad (1)$$

dimana:  $ARL_0$  adalah proses terkendali (error type 1),  $p$  adalah probabilitas suatu titik keluar dari batas UCL dan LCL dan  $p$  adalah 0,0027 % untuk batas kendali 3-sigma.

- Proses tak terkendali (out-of-control) secara umum persamaan untuk perhitungan ARL adalah ;

$$ARL_1 = \frac{1}{1-p} \quad (2)$$

dimana:  $ARL_1$  adalah untuk proses tak terkendali (error type 2)

- Nilai ARL (Average Run Length)

Nilai ARL adalah banyaknya titik-titik yang digambarkan sampai sebuah sinyal tidak terkendali diberikan. Semakin kecil nilai ARL, maka semakin kecil pula ekspektasi jumlah sampel yang diperlukan untuk menghasilkan sinyal pergeseran proses. Dengan kata lain semakin cepat dan efektif peta kendali tersebut dalam mendeteksi adanya pergeseran proses. Nilai ARL didasari oleh nilai  $p$ , yaitu peluang dalam matrik  $s \times s$  pada proses terkendali secara statistik. Matrik transisi probabilitas ditulis sebagai;

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dimana  $s$  adalah jumlah state dalam peta kendali yang menggunakan sistem state, lihat tabel 1 dibawah yang menggambarkan jumlah sampel yang ada dalam state untuk tindakan perbaikan.

Tabel 1. Pola plot data pada peta kendali

Kondisi	Tindakan Perbaikan
Satu atau dua titik dalam daerah $1 \sigma$ s/d $2 \sigma$	Proses berjalan terus
Satu titik pada daerah $2 \sigma$ s/d $3 \sigma$	Lakukan penyesuaian (Adjustment) terhadap setting.
Dua titik pada daerah $2 \sigma$ s/d $3 \sigma$ pada sisi yang sama	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)
Satu titik pada daerah $2 \sigma$ s/d $3 \sigma$ pada sisi yang berlawanan	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)
Satu titik diluar batas $3 \sigma$	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)

Sumber: [5]

Menurut [4] telah meneliti untuk peta kendali variabel didapatkan penurunan fungsi kerugian bila dilakukan tindakan perbaikan terhadap pola plot data yang terdapat pada Peta Kendali sebelum tindakan perbaikan dilakukan. Dalam penelitian ini tingkat kualitas (*level of quality*) suatu produk dibatasi dan didefinisikan oleh tingkat penerimaan berdasarkan batas-batas toleransi yang ditetapkan. Dalam hal ini diasumsikan bahwa penetapan batas toleransi yang lebih sempit akan memberikan ekspektasi kerugian (resiko) pada konsumen yang lebih kecil. Dengan variansi proses produksi yang tetap, memperkecil rentang penerimaan (toleransi yang sempit) akan memperbanyak jumlah produk yang ditolak [6]. Fungsi kerugian berkaitan dengan pemborosan (*waste*) dan biaya yang harus dibebankan terhadap produksi, proses penyediaan dan pengolahan air bersih berhubungan dengan kualitas produk dan prosesnya. Dalam proses pengolahan air bersih mulai dari *intake* sampai tahap distribusi terdapat 7 pemborosan (*waste*), namun yang paling banyak adalah pemborosan, *waiting* (waktu menunggu), *transportation* (dari intake ke reservoir), *In aproprial processing* (penambahan proses) dan *defect* (tidak sesuai dengan standar). Sehingga dalam proses tersebut akan terdapat penurunan atau mengurangi pemborosan dan meningkatkan nilai tambah.

### 3. Metode Penelitian

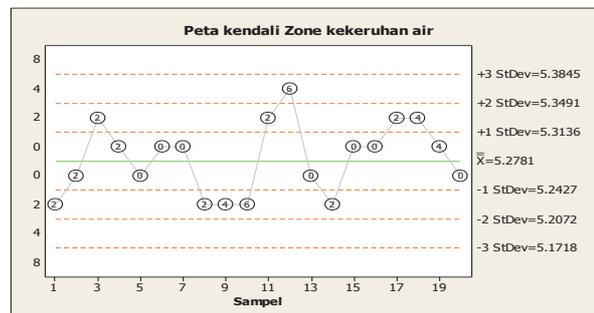
Suatu tahapan penelitian merupakan rangkaian proses yang terkait satu dengan yang lainnya, dengan kuisioner didapatkan waste yang paling berpengaruh. Pengambilan sampel pada saluran *intake* bahan baku air pada aliran sungai menggunakan random sampel. Langkah-langkahnya adalah:

#### Peta Kendali $\bar{X}$ dengan analisis sistem state

1. Kumpulkan data dan uji distribusi normal.
2. Menentukan matrik probabilitas dan karakteristik (mean, range, varian) pada masing-masing data individual atau sub group.
3. Menentukan probabilitas matrik transisi.
4. Menghitung batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) dan garis tengah (CL). Serta batas-batas state berdasarkan sampel size.
5. Menggambarkan garis kendali dengan sumbu vertikal sebagai karakteristik kualitas dan sumbu horisontal sebagai nomor sampel.
6. Menghitung ARL dan menginterpretasikan hasil peta kendali.

### 4. Hasil dan Pembahasan

Untuk pengolahan peta kendali sistem state/zone data kekeruhan (*turbidity*) pada saluran *intake* dilakukan pengukuran terhadap angka kekeruhan, data kekeruhan ini sangat penting dalam proses produksi, karena kualitas air bersih berpengaruh terhadap pengguna. Dalam beberapa pengambilan sampel selama setahun, bulanan dan harian bahkan setiap jam, di tes di laboratorium air di dapatkan beberapa parameter yang berpengaruh pada kualitas air, namun khusus untuk sumber air dari sungai yang spesifik ter intrusi air rawa, maka faktor kekeruhan menjadi yang paling berpengaruh, lihat gambar 2 di bawah yang menggambarkan sebaran sampel kekeruhan menggunakan peta kendali sistem state.



Gambar 2. Peta kendali sistem state kekeruhan air

Dari sampel pengolahan data seperti gambar 2 diatas terlihat bahwa proses dalam keadaan tidak terkendali. Pada pengamatan ke-12 mendekati batas yang ditetapkan dan pengamatan ke-8 s/d 10 berdekatan pada garis batas kendali bawah.

#### Fungsi Kerugian dengan $\bar{X}$ peta kendali sistem state

Perhitungan ini berdasarkan banyaknya jumlah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi seperti pada persamaan dibawah ini <sup>[5]</sup>.

Kerugian karena cacat (*defect*) kekeruhan air baku

$$= \text{Banyak cacat} \times \text{biaya produksi}$$

$$= \% \text{ spesifikasi} \times \text{total produksi} \times \text{biaya produk}$$

Jika diketahui harga setiap  $\text{m}^3$  air adalah Rp. 10.000,- , dengan asumsi terlihat ada 6 titik pengamatan yang keluar. Kerugiannya adalah :

$$= 6 \times \text{Rp. } 10.000 / \text{m}^3 = \text{Rp. } 60.000,-$$

$$= 6 \times 250 \text{ lt/det atau } (0,25 \text{ m}^3/\text{det}) \times \text{Rp. } 10.000 = \text{Rp. } 15.000,-/\text{det}.$$

Dengan melihat data harian yang telah dilakukan didapatkan *waste* yang paling tinggi adalah *defect*, lihat urutan seperti dibawah ini berdasarkan data kuisioner dan fakta di lapangan.

1. *defect* (tidak sesuai dengan standar)
2. *In aproprial processing* (penambahan proses)

3. *transportation* (dari intake ke reservoir)
4. *waiting* (waktu menunggu)

## 5. Kesimpulan

1. Pola plot data pada peta kendali  $\bar{X}$  dengan analisis sistem state terlihat ada plot data yang diluar batas kendali, serta 1 sampai 3 plot data yang jatuh di daerah yang sama dan berdekatan. Walaupun plot data tersebut masuk dalam batas kendali, tetapi dapat dikatakan tidak terkendali. Pada Peta sistem state. Melihat plot data yang jatuh pada state 1 dan state 2 (antara  $1\sigma$  s/d  $2\sigma$ ) berarti statenya baik berdasarkan penentuan state dan kondisinya.
2. Evaluasi performansi kedua peta kendali berdasarkan pola plot data, nilai ARL dan nilai fungsi kerugian. Nilai ini harus dibandingkan dengan peta kendali  $\bar{X}$  Shewhart konvensional. Semakin kecil nilai ARL out-of-control semakin baik menjaga proses tetap terkendali, hal ini dapat dideteksi dari ARL yang besar. Sedangkan pada peta kendali  $\bar{X}$  dengan sistem state didapatkan ARL sebesar 5,74 % dan 1.55 %, berarti rata-rata titik sampel pada proses terkendali adalah 94,26 % dan 98.45 %.
3. Nilai fungsi kerugian ini menggunakan ukuran keuangan dalam menyatakan ketidakpuasan konsumen terhadap performansi produk. Semakin kecil nilai fungsi kerugian semakin baik karakteristik kualitas produk. Secara teoritis plot data yang keluar dari batas kendali merupakan kerugian karena keluar dari toleransi yang ditetapkan.
4. Pemborosan (*waste*) yang paling besar adalah faktor kekeruhan, ini disebabkan air baku di intake terintrusi air rawa, sehingga di perlukan penambahan proses pengolahan menjadi air bersih.

Kondisi	Tindakan Perbaikan
Satu atau dua titik dalam daerah $1\sigma$ s/d $2\sigma$	Proses berjalan terus
Satu titik pada daerah $2\sigma$ s/d $3\sigma$	Lakukan penyesuaian (Adjustment) terhadap setting.
Dua titik pada daerah $2\sigma$ s/d $3\sigma$ pada sisi yang sama	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)
Satu titik pada daerah $2\sigma$ s/d $3\sigma$ pada sisi yang berlawanan	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)
Satu titik diluar batas $3\sigma$	Lakukan perbaikan dan reset proses (sampai 5 titik berurutan dalam daerah yang sama)

## 6. Referensi

- [1] Zimmer L.S, Montgomery D.C dan Runger G.C, , *Evaluation of a three-state adaptive sample size  $\bar{X}$  control chart*, International Journal Production Research, vol. 36. No.16., 1998.
- [2] Prabu.S.S, Montgomery, D.C dan Runger. G.C. , *Control Chart with variable size and sampling interval*. International Journal Production Research, vol. 31. 1994.
- [3] Taguchi. G, *Introduction to Quality Engineering. Course Manual. American Supplier Institute Inc.*1987.
- [4] Tamjidillah. M., *Analysis Performance of Control Chart Variable with Markov Chain*, Heds Jica Project. 2003.
- [5] Mitra. A, *Fundamental of quality control and Improvement*. Macmillan Publisng Company. New York. 1993.
- [6] Irianto. D, *Pengaruh toleransi terhadap harga dan ongkos produksi dengan mempertimbangkan fungsi kerugian kuadratik*, Jurnal Teknik dan Manajemen. ITB Vol 18 No.1 pp 1-6. 1998.