

## ANALISIS KAPABILITAS PROSES UNTUK PENGENDALIAN KUALITAS AIR LIMBAH DI INDUSTRI FARMASI

Dino Rimantho<sup>1,\*</sup>, Athiyah<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila,  
Jalan Srengsengsawah-Jagakarsa DKI Jakarta, 12640  
\*Email: dino.rimantho@univpancasila.ac.id

Diterima: 4 Agustus 2018

Direvisi: 14 September 2018

Disetujui: 11 Nopember 2018

### ABSTRAK

Pengelolaan air limbah harus menghasilkan hasil akhir air limbah yang sesuai baku mutu lingkungan agar air limbah tersebut tidak merusak lingkungan dan menurunkan kualitas kesehatan manusia. Permasalahan yang ditemukan dalam penelitian ini adalah adanya beberapa parameter polutan dalam limbah cair (pH dan TSS) yang belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Pemerintah Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa nilai kapabilitas proses yang dihasilkan dari pengolahan air limbah terutama parameter pH dan TSS. Beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peta kendali IMR, kapabilitas proses dan *Fishbone*. Hasil penelitian ini menunjukkan parameter pH dan TSS dari hasil pengolahan air limbah di industri farmasi didapatkan indeks Cp rata-rata sekitar 0.602 dan Cpk rata-rata 0.8 untuk parameter pH. Sementara itu, kualitas air limbah untuk parameter TSS diperoleh indeks Cp sekitar 0.68 dan Cpk sekitar 0.70. sehingga dapat disimpulkan bahwa proses belum memiliki kapabilitas yang baik.

**Kata Kunci:** Air limbah, proses, Cp, Cpk, Fishbone

### ABSTRACT

*The management of wastewater should produce the final result of its corresponding environmental quality standards. Thus, that it does not harm the environment and decreasing the quality of human health. The problem on this research was found that there are several parameters on the waste water not comply such as pH and TSS to Indonesian Standards. This study aims to analyze the value of process capability resulting from wastewater treatment, especially parameters of pH and TSS. Several methods used in this study such as, IMR control chart, capability process and fishbone. The results of this study show the parameters of pH and TSS from the waste water treatment in the pharmaceutical industry obtained the average Cp index of around 0.602 and CPK approximately 0.8 for pH parameters. In addition, the quality of waste water for TSS parameters obtained CP index roughly 0.68 and CPK approximately 0.70. Therefore, it can be concluded that the process does not have good capability.*

**Keywords:** Wastewater, process, Cp, Cpk, Fishbone.

## PENDAHULUAN

Limbah merupakan masalah umum dari sebuah industri, limbah yang di buang secara langsung tanpa pengolahan akan sangat mencemari lingkungan. Tingkat pencemaran air limbah bervariasi dari industri ke industri tergantung pada jenis proses dan ukuran industry. Salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari proses produksi adalah air limbah. Pengertian air limbah adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat-tempat lain. Atau, air limbah adalah air bekas yang tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih. Salah satu industri yang berpotensi menghasilkan air limbah adalah industri farmasi.

Di industri farmasi, air limbah secara umum dihasilkan melalui kegiatan pencucian peralatan. Meskipun air limbah yang dibuang dalam volume kecil tetapi memiliki sifat yang berbahaya bagi lingkungan karena adanya sejumlah besar polutan organik. Selama proses pembuatan obat-obatan, beragam limbah dan kontaminan dihasilkan seperti bahan organik, puing, kotoran, pasir, polusi, bahan beracun, tidak beracun, polimer. Karakterisasi air limbah dievaluasi dalam hal suhu, pH, padatan tersuspensi total (TSS), total padatan terlarut (TDS), kebutuhan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimiawi (COD), minyak dan lemak, klorida dan sulfat untuk influen dan efluen.

Selama dua dekade terakhir, kemajuan teknologi dalam analisis kimia telah memungkinkan deteksi zat kimia di perairan permukaan pada tingkat konsentrasi sangat rendah (ng/L sampai µg/L). Fenomena ini disebut polusi mikro. Polutan mikro berasal dari penggunaan pertanian, industri dan berbagai penggunaan produk sehari-hari yang berbeda, seperti produk perawatan pribadi, obat-obatan, atau agen pembersih (Hollender, *et al.*, 2008; Schwarzenbach *et al.*, 2006 ). Lebih lanjut, terdapat beberapa bukti tentang adanya dampak negatif pencemaran mikro terhadap ekosistem perairan, lingkungan dan

bahkan kesehatan manusia (Cunningham *et al.*, 2009; Touraud *et al.*, 2011).

Industri farmasi menghasilkan limbah cair yang memiliki karakteristik beracun dan berbahaya. Kontaminan yang paling beracun adalah obat antibiotik, analgesik, dan anti-inflamasi. Kehadiran limbah berbahaya ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada lingkungan terutama air permukaan (Stackelberg *et. al.*, 2004). Senyawa aktif farmasi seperti obat pengatur cairan, analgesik, antibiotik, antiseptik, hormon dan kemoterapi terdeteksi di aliran air limbah dan sumber air tanah. Senyawa aktif farmasi terdapat di mana-mana dengan konsentrasi rendah di badan air yang menerima limbah pengolahan limbah cair. Selain itu, terdapat informasi dalam standar air minum menimbulkan kekhawatiran akan potensi senyawa ini terjadi dalam air minum dan dengan demikian dapat mempengaruhi kesehatan manusia melalui eksposur kronis (Sim dan Lee, 2010).

Pengolahan air limbah dan penggunaan kembali bukanlah hal baru, dan pengetahuan tentang topik ini telah berkembang sepanjang sejarah manusia. Penggunaan kembali air limbah kota yang tidak melalui proses pengolahan air limbah telah dipraktekkan selama berabad-abad dengan tujuan mengalihkan sampah manusia ke luar permukiman perkotaan (Angelakis dan Snyder, 2015). Demikian juga, penerapan lahan air limbah domestik adalah praktik lama dan umum, yang telah mengalami berbagai tahap perkembangan. Hal ini telah menyebabkan pemahaman yang lebih baik tentang teknologi proses dan pengobatan dan akhirnya pengembangan standar kualitas air (Paranychianakis *et al.*, 2015). Sebagai contoh, pemanfaatan limbah kulit udang sebagai biokuagulan pada penjernihan air limbah perkotaan (Sari *et al.*, 2012)

Karena meningkatnya kesadaran lingkungan yang terkait dengan limbah industri, perusahaan sekarang harus menggabungkan strategi pengelolaan dan pencegahan limbah ke dalam proses industri. Berbagai peluang pencegahan polusi dapat diimplementasikan dengan keuntungan finansial yang signifikan

bagi pabrik, serta mengurangi pencemaran lingkungan (Abou-Elela dan Zaher, 1998).

Air limbah yang dibuang ke lingkungan tentunya mempunyai dampak berkelanjutan. Sehingga, pengendalian kualitas air limbah tentunya diperlukan agar limbah cair dapat dikendalikan dan dampak ke lingkungan sekitar dapat diperkecil. Baku mutu limbah cair yang dijadikan acuan adalah parameter menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Farmasi.

**Tabel 1.** Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Farmasi

Parameter	Proses Pembuatan Bahan Formula (mg/L)	Formula (Pencampuran) (mg/L)
BOD <sub>5</sub>	150	100
COD	500	200
TSS	100	75
Total Nitrogen	45	-
Fenol	5,0	-
pH	6,0 – 9,0	6,0 – 9,0

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2014

Studi pendahuluan yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa konsentrasi parameter pH dan TSS belum terkendali secara statistik, dimana masih terdapat titik yang berada di luar batas spesifikasi dan hal ini menunjukkan tidak sesuai dengan baku mutu kualitas air limbah terkait dengan parameter TSS.

Tinggi rendahnya kualitas parameter air pada proses pengolahan air limbah sangat mempengaruhi kualitas air limbah yang akan dilepas ke lingkungan, maka diperlukan suatu analisa untuk mengetahui apakah proses pengolahan air limbah telah memenuhi spesifikasi atau ada diluar spesifikasi.

Proses pengolahan air limbah di unit pengolahan membutuhkan penentuan indeks kapabilitas proses. Hal ini akan mempermudah proses evaluasi. Dengan demikian, apabila kapabilitas proses telah berjalan dengan baik maka air limbah yang dihasilkan juga akan baik dan memenuhi standar yang ditetapkan.

Sementara itu, apabila kapabilitas proses pada titik kritis, maka dapat dilakukan pengendalian yang lebih teliti, baik kapabilitas prosesnya maupun mutu air limbah yang menurun. Dengan demikian, tujuan dari artikel ini adalah untuk menganalisis nilai kapabilitas proses yang dihasilkan dari pengolahan air limbah terutama parameter pH dan TSS.

## KAPABILITAS PROSES

Kapabilitas proses merupakan suatu analisis variabilitas relatif terhadap persyaratan atau spesifikasi produk serta untuk membantu pengembangan produksi dalam menghilangkan atau mengurangi banyak variabilitas yang terjadi. Kapabilitas proses ini merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang diterapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan (Gaspersz, 2002).

Ada dua cara memikirkan variabilitas ini :

- Variabilitas yang menjadi sifat atau alami pada waktu tertentu yakni variabilitas 'seketika'
- Variabilitas meliputi waktu

Diantara penggunaan data yang utama dari analisis kemampuan proses adalah sebagai berikut :

- Memperkirakan seberapa baik proses akan memenuhi toleransi
- Membantu pengembang atau perancang produk dalam memilih atau mengubah proses
- Membantu dalam pembentukan interval untuk pengendalian interval antara pengambilan sampel
- Menetapkan persyaratan penampilan bagi alat baru
- Memilih diantara penjual yang bersaing
- Mengurangi variabilitas dalam proses produksi

Suatu proses dikatakan memiliki kemampuan yang baik jika penyebaran variasi alami sesuai dengan penyebaran batas yang ditentukan. Jadi, bila rasio kisaran yang ditentukan dengan batas kontrol lebih besar dari satu. Dengan kata lain, rasio berikut harus lebih besar dari 1:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{UCL - LCL} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

Dimana:

USL : *Upper Specification Limit*

LCL : *Lower Specification Limit*

S : Standar deviasi proses =  $R / d_2$

Nilai  $C_p = 1$ , jika batas standar yang ditentukan sama dengan batas variasi alami proses (batas kontrol), dalam hal ini proses dikatakan tidak mampu; itu memiliki potensi untuk hanya menghasilkan produk yang tidak rusak jika prosesnya dipusatkan pada target yang ditentukan. Sekitar 0,27 persen atau 2700 bagian per juta, adalah rusak.

Nilai  $C_p > 1$  jika standar batas yang ditentukan lebih besar dari batas kendali, dalam hal proses ini berpotensi mampu dan (mungkin) menghasilkan produk yang memenuhi atau melampaui persyaratan pelanggan. Nilai  $C_p < 1$  jika batas yang ditentukan standar lebih kecil dari batas kontrol. Prosesnya dikatakan tidak mampu.

Kemampuan Proses Aktual,  $C_{pk}$ : Alasan mengapa  $C_p > 1$  tidak berarti bahwa prosesnya tidak menghasilkan cacat, ini adalah kisaran batas kontrol yang mungkin lebih kecil dari batas standar yang ditentukan, namun jika prosesnya tidak terpusat pada target yang ditentukan, maka satu sisi batas kontrol mungkin melebihi batas yang ditentukan.

Jika prosesnya tidak berpusat pada target yang ditentukan,  $C_p$  tidak akan terlalu informatif karena hanya akan membedakan antara dua rentang (batas kontrol proses dan batasan standar yang ditentukan) lebih luas, namun tidak dapat menginformasikan apakah Prosesnya menghasilkan cacat atau tidak. Dalam hal ini, indeks kemampuan lain digunakan untuk menentukan kemampuan proses untuk merespons kebutuhan pelanggan dan itu adalah  $C_{pk}$ .

$C_{pk}$  mengukur berapa banyak proses produksi yang benar-benar sesuai dengan spesifikasi standar.  $k$  di  $C_{pk}$  disebut faktor  $k$ ; Ini mengukur tingkat penyimpangan proses dari target yang ditentukan.

$$C_{pk} = (1 - k)C_p \quad (2)$$

$$k = \frac{|(USL + LSL)/2 - \bar{X}|}{(USL - LSL)/2} \quad (3)$$

Dalam metode analisis untuk peningkatan kualitas, biasanya dipergunakan kriteria kapabilitas proses untuk nilai  $C_p$  dan  $C_{pk}$  sebagai berikut :

- Nilai  $C_p = C_{pk}$ , menunjukkan bahwa proses tersebut berada ditengah-tengah spesifikasi.
- Nilai  $C_p > 1.33$ , maka kapabilitas proses sangat baik.
- Nilai  $C_p < 1.00$ , mengidentifikasi bahwa proses tersebut menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan tidak *capable*.
- Nilai  $C_{pk}$  negatif menunjukkan rata-rata proses berada di luar batas spesifikasi
- Nilai  $C_{pk} = 1.0$  menunjukkan satu variasi proses berada pada salah satu batas spesifikasi.
- Nilai  $C_{pk} < 1.0$  menunjukkan bahwa proses menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi.
- Nilai  $C_{pk} = 0$  menunjukkan rata-rata, nilai  $C_{pk}$  sama dengan 1 berarti sama dengan batas spesifikasi.

## METODE PENELITIAN

Sumber data yang akan dijadikan sebagai bahan analisis dalam penelitian ini adalah kualitas air yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah untuk parameter pH dan TSS. Data diambil dari industri salah satu industri farmasi. Data kualitas air limbah di peroleh dari departemen yang bertanggung jawab pada pengolahan air limbah. Adapun langkah-langkah analisis data penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Melakukan uji kenormalan data jumlah cacat pada air limbah untuk parameter pH dan TSS.
- Membuat peta kendali IMR berdasarkan jumlah cacat pada air limbah untuk parameter pH dan TSS.
- Membuat diagram ishikawa dari jenis kategori cacat terbanyak pada air limbah untuk parameter pH dan TSS.
- Menghitung kapabilitas proses pengolahan air limbah untuk parameter pH dan TSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil pengumpulan data pH dan TSS (*Total Suspended Solid*) diperoleh informasi sebagaimana Tabel 1 di bawah ini. Uji kenormalan yang dilakukan pada parameter pH dan TSS air limbah dengan jumlah data sebanyak 30 dari masing-masing parameter yang telah diukur sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan metode Kolmogorov-Smirnov. Secara manual pengujian kenormalan data dalam penelitian ini yang dilakukan dengan tahapan berikut pertama hasil pengumpulan data dihitung terlebih dahulu rata-rata dan standar deviasi s, kemudian diurutkan dari data terkecil.

**Tabel 2.** Data Pengukuran Parameter pH dan TSS

pH	TSS	pH	TSS
9.28	10	6.73	15
8.17	14	9.4	19
9.2	18	8.52	26
7.58	10	7.4	19
7.16	12	6.92	20
9.19	9	7.5	15
7.86	15	8.49	10
7.65	10	7.16	11
7.38	16	8.26	19
7.7	15	7.6	13
7.99	16	8.96	16
7.65	14	8.63	17
7.3	20	8.53	16
8.92	17	6.84	16
8.51	16	7.58	21

Berdasarkan hal tersebut selanjutnya dilakukan uji kenormalan data, sehingga hasilnya dapat diringkas sebagaimana Tabel 3 di bawah ini:

**Tabel 3.** Ringkasan Hasil Uji Kenormalan Data

Parameter Uji	P-Value	Interprestasi
pH	0.082	Berdistribusi Normal
TSS	> 0.150	

Peta kendali I-MR dipilih dalam pengolahan data ini karena proses pengolahan air limbah dilakukan dengan kontinyu dan proses pengujian laboratorium cukup mahal sehingga

data pengujian sampel yang diperoleh bersifat individual. Peta kontrol ini berfungsi untuk mengetahui apakah kinerja proses air limbah berada dalam batas kontrol (*in control*), yaitu proses berjalan dengan baik dan stabil tanpa adanya pengaruh penyebab khusus.

Berdasarkan hasil uji normalitas, maka dilakukan pembuatan peta kendali sebagaimana yang ditunjukkan dalam Tabel 4. Selanjutnya, berdasarkan hasil brainstorming dengan para pemangku kepentingan di departemen pengolahan air limbah diperoleh informasi tentang penyebab proses pengolahan air limbah tidak baik, yaitu:

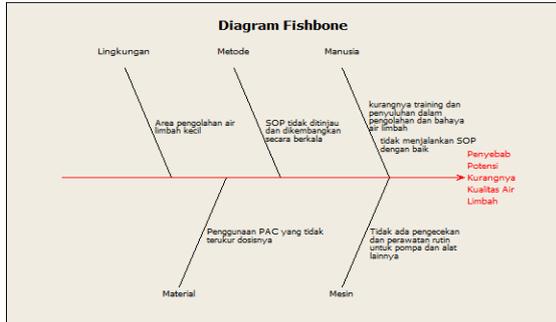
- Tidak menjalankan SOP dengan benar
- Penambahan *Polly Aluminium Chloride* (PAC) yang tidak terukur dosisnya
- Kurangnya pengecekan dan perawatan untuk pompa
- Area pengolahan limbah kecil
- SOP tidak ditinjau dan dikembangkan secara berkala
- Kurangnya *training* dan penyuluhan tentang pengolahan dan bahaya air limbah

**Tabel 4.** Ringkasan Hasil Uji Peta Kontrol I-MR

Parameter Uji	Jenis Peta Kendali	Interpretasi	Batas Kendali	
			Deskripsi	Nilai
pH	I	Dalam Batas Kendali ( <i>in control</i> )	UCL	10.493
			CL	5.511
			LCL	8.002
	MR	Dalam Batas Kendali ( <i>in control</i> )	UCL	3.060
			CL	0.937
			LCL	0
TSS	I	Dalam Batas Kendali ( <i>in control</i> )	UCL	25.51
			CL	15.5
			LCL	5.69
	MR	Dalam Batas Kendali ( <i>in control</i> )	UCL	12.06
			CL	3.69
			LCL	0
			UCL	23.97
			CL	15.14
			LCL	6.30
			UCL	10.85
			CL	3.32
			LCL	0

Data untuk pembuatan diagram *fishbone* telah diuraikan sebelumnya dan selanjutnya dibuat diagram *fishbone* untuk mengetahui masalah-masalah yang menyebabkan *defect* pada air

limbah, hasil diagram *fishbone* ditampilkan dalam gambar dibawah ini:



**Gambar 1.** Diagram *Fishbone* Pengolahan Air limbah

Selanjutnya menghitung kapabilitas proses pengolahan air limbah untuk parameter pH dan TSS. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh data hasil pengujian kualitas air limbah parameter pH seperti Tabel 5 di bawah ini.

**Tabel 5.** Data Pengujian MR Parameter pH untuk Analisis Kemampuan Proses

Periode	pH	MR	Periode	pH	MR
Jul-15	10		Apr-14	15	1
Jun-15	14	4	Mar-14	19	4
May-15	18	4	Jan-14	19	0
Apr-15	10	8	Dec-13	20	1
Mar-15	12	2	Nov-13	15	5
Feb-15	9	3	Oct-13	10	5
Jan-15	15	6	Sep-13	11	1
Dec-14	10	5	Aug-13	19	8
Nov-14	16	6	Jul-13	13	6
Oct-14	15	1	Jun-13	16	3
Sep-14	16	1	May-13	17	1
Aug-15	14	2	Apr-13	16	1
Jul-15	20	6	Mar-13	16	0
Jun-14	17	3	Feb-13	21	5
May-14	16	1			
<b>TOTAL</b>	<b>439</b>	<b>93</b>			
<b>Rata-Rata</b>				<b>15.14</b>	<b>3.32</b>
<b>USL</b>					<b>21</b>
<b>LSL</b>					<b>9</b>

Spesifikasi yang ditetapkan untuk batas spesifikasi bawah (LSL) dan batas spesifikasi atas (USL) adalah 6.0 dan 9.0. spesifikasi tersebut adalah ketetapan perusahaan yang mengacu pada ketetapan peraturan pemerintah. Rasio kemampuan proses (Cp) dan indeks kemampuan proses (Cpk) dapat dihitung sebagai berikut:

$$s = \frac{K}{d_2} = \frac{0.937}{1.128} = 0.83, \text{ (Nilai } d_2 \text{ dari tabel konstanta peta kendali untuk } n=2 \text{ adalah } 1,128)$$

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6s} = \frac{9.0 - 6.0}{6(0.83)} = 0.602$$

$$CPU = \frac{USL - X}{3s} = \frac{9.03 - 8.002}{3(0.83)} = 0.4$$

$$CPL = \frac{X - LSL}{3s} = \frac{8.002 - 6.0}{3(0.83)} = 0.8$$

$$Cpk = \text{Min} (CPL; CPU) = \text{Min} (0.8 ; 0.4) = 0.4$$

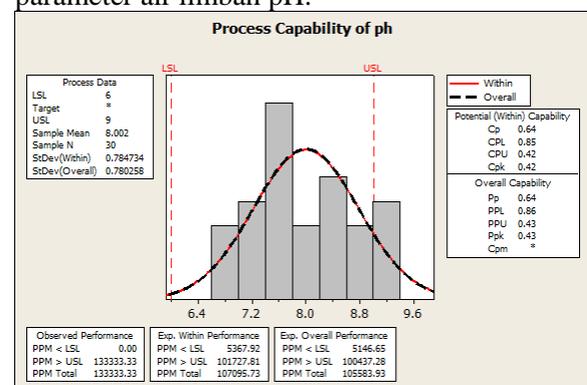
Sedangkan kemungkinan tingkat air limbah parameter pH yang (*out of spec*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Z_a = (USL - X)/(S) = (9.0 - 8.002) / 0.83 = 1.2$$

$$Z_b = (LSL - X)/(S) = (6.0 - 8.002) / 0.83 = -2.4$$

$$p = (-2.4 < Z < 1.2)$$

Kemungkinan proses pengolahan air limbah yang dibawah spesifikasi adalah p ( $Z < -2.4$ ), dalam tabel distribusi normal standar dinyatakan  $0.0082 \times 1000000 = 8200\text{ppm}$ , sedangkan kemungkinan produk cacat diatas spesifikasi adalah p( $Z > 1.2$ ), dalam tabel dinyatakan  $Z_{1.2}$  adalah 0.6849 maka produk batas atas dinyatakan  $0.6849 \times 1000000 = 684900 \text{ ppm}$ . Dengan demikian total kemungkinan produk di luar spesifikasi adalah  $8200 + 684900 = 639100 \text{ ppm}$ . Perhitungan juga dapat dilakukan dengan *software* minitab 16 dan Gambar 2 dibawah ini menyajikan hasil perhitungan analisis kemampuan proses menggunakan *software* tersebut terhadap parameter air limbah pH.



**Gambar 2.** Analisis Kemampuan Proses Data Pengujian pH air limbah

Selanjutnya, berdasarkan hasil pengamatan diperoleh data pengamatan kualitas air limbah parameter TSS sebagaimana tabel 6.

$$s = \frac{K}{d_2} = \frac{3.32}{1.128} = 2.94, \text{ (Nilai } d_2 \text{ dari tabel konstanta peta kendali untuk } n=2 \text{ adalah } 1,128)$$

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6s} = \frac{21-9}{6(2.94)} = 0.68$$

$$C_{PU} = \frac{USL - X}{3s} = \frac{21 - 15.14}{3(2.94)} = 0.66$$

$$C_{PL} = \frac{X - LSL}{3s} = \frac{15.14 - 9}{3(2.94)} = 0.70$$

$$C_{pk} = \min(C_{PL}; C_{PU}) = \min(0.70; 0.66) = 0.70$$

**Tabel 6.** Data Pengujian MR Parameter pH untuk Analisis Kemampuan Proses

Period e	TSS	MR	Periode	TSS	MR
Jul-15	10		Apr-14	15	1
Jun-15	14	4	Mar-14	19	4
May-15	18	4	Jan-14	19	0
Apr-15	10	8	Dec-13	20	1
Mar-15	12	2	Nov-13	15	5
Feb-15	9	3	Oct-13	10	5
Jan-15	15	6	Sep-13	11	1
Dec-14	10	5	Aug-13	19	8
Nov-14	16	6	Jul-13	13	6
Oct-14	15	1	Jun-13	16	3
Sep-14	16	1	May-13	17	1
Aug-15	14	2	Apr-13	16	1
Jul-15	20	6	Mar-13	16	0
Jun-14	17	3	Feb-13	21	5
May-14	16	1			
	<b>TOTAL</b>			439	93
	<b>Rata-Rata</b>			15.14	3.32
	<b>USL</b>				21
	<b>LSL</b>				9

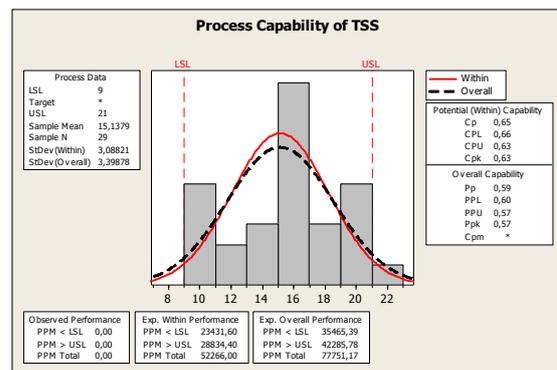
Sedangkan kemungkinan tingkat air limbah parameter pH yang diluar spesifikasi (*out of spec*) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Z_a = \frac{(USL - X)}{s} = \frac{(21 - 15.14)}{3.32} = 1.76$$

$$Z_b = \frac{(LSL - X)}{s} = \frac{(9 - 15.5)}{3.32} = - 1.85$$

$$p = (- 1.85 < Z < 1.76)$$

Kemungkinan produk cacat dibawah spesifikasi adalah  $p(Z < - 1.85)$ , dalam tabel distribusi normal standar dinyatakan  $0.322 \times 1000000 = 322000$  ppm, sedangkan kemungkinan produk cacat diatas spesifikasi adalah  $p(Z > 1.76)$ , dalam tabel dinyatakan  $Z_{1.76}$  adalah 0.9608 maka produk batas atas dinyatakan  $0.9608 \times 1000000 = 960800$  ppm. Dengan demikia total kemungkinan produk diluar spesifikasi adalah  $322000 + 960800 = 1282800$ ppm. Perhitungan juga dapat dilakukan dengan *software* minitab 16 dan Gambar 3 dibawah ini menyajikan hasil perhitungan analisis kemampuan proses menggunakan *software* tersebut terhadap parameter air limbah TSS (*Total Suspended Solid*).



**Gambar 3.** Analisis Kemampuan Proses Data Pengujian TSS air limbah

Dari hasil Analisis Kemampuan Proses seperti disajikan dalam gambar 3 di atas, didapatkan nilai Cp 0.65 dan indeks Cpk 0,63 hal ini dapat diinterpretasikan bahwa kapabilitas proses kurang baik dengan kemungkinan sistem menghasilkan proses *out of specification* sebesar 52266.00 ppm.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa data tentang kualitas air limbah untuk parameter pH dan TSS yang dihasilkan dari unit pengolahan air limbah mengikuti distribusi normal. Peta kendali variabel IMR menunjukkan bahwa proses pengolahan air limbah pada unit pengolahan air limbah berada dalam keadaan terkendali. Adapun penyebab masalah

ketidakstabilan proses tersebut digambarkan dalam diagram sebab akibat yang menunjukkan faktor-faktor penyebab terjadinya cacat adalah pekerja tidak menjalankan SOP dengan benar, dosis bahan kimia yang digunakan, perawatan yang belum optimal, perbaikan pada SOP dan minimalnya training bagi karyawan tentang pengolahan air limbah yang baik. Semua hal diatas menyebabkan proses pengolahan air limbah tidak memiliki kapabilitas yang baik dikarenakan Cp dan Cpk kurang dari 1.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Elela S. I. and Zaher, F., 1998, *Pollution prevention in oil and soap industry Case study*, Wat.Sci.Tec.,Vol.38, pp.139-144.
- Angelakis AN. and Snyder SA. 2015. *Wastewater Treatment and Reuse: Past, Present, and Future*, Water, 7, 4887-4895; doi:10.3390/w7094887
- Breyfogle, F.W, 2003. *Implementation Six Sigma, Smart Solutions Using Statistical Methods*, John Willey & Sons, Inc. New Jersey.
- Cunningham, V.L. Binks, S.P. Olson, M.J. 2009. *Human health risk assessment from the presence of human pharmaceuticals in the aquatic environment*. Regul. Toxicol. Pharmacol. 53, 39–45.
- Gaspersz, V., 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hollender, J. Singer, H. McArdell, C.S. 2008. *Polar Organic Micropollutants in the Water Cycle. In Dangerous Pollutants (Xenobiotics) in Urban Water Cycle*; Hlavinek, P., Bonacci, O., Marsalek, J., Mahrikova, I., Eds.; Springer: Berlin, Germany, pp. 103–116.
- Paranychianakis N.V. Salgot M. Snyder S.A. Angelakis A.N. 2015. *Quality Criteria for Recycled Wastewater Effluent in EU-Countries: Need for a Uniform Approach*. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol., 45, 1409–1468.
- Sari A.M., Setiawan E., Ali D., 2012. *Biokuagulan dari limbah kulit udang untuk penjernihan air limbah perkotaan*, Jurnal Teknologi Vol. 4. No. 1., 19 - 46
- Schwarzenbach, R.P. Escher, B.I. Fenner, K. Hofstetter, T.B. Johnson, C.A. von Gunten, U. Wehrli, B. 2006. *The Challenge of Micropollutants in Aquatic Systems*. Science, 313, 1072–1077.
- Sim W.J., Lee J.W., Oh J.E., 2010. *Occurrence and fate of pharmaceuticals in wastewater treatment plants and rivers in Korea*, Environmental pollution 158, pp 1938-1947.
- Stackelberg P. E., Furlong E. T., Meyer M. T., Zaugg S. D., Henderson A., Reissman D. B., 2004. *Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking water treatment plant*, Journal Science of the total environment, 329, pp 99-113.
- Touraud, E. Roig, B. Sumpter, J.P. Coetsier, C. 2011. *Drug residues and endocrine disruptors in drinking water: Risk for humans?* Int. J. Hyg. Environ. Health. 214, 437–441.