

ANALISIS *CONTROL CHART* DALAM PROGRAM JAMINAN KESESUAIAN HASIL PENGUKURAN PADA ANAK TIMBANGAN STANDAR

Arif Nurjaya

Balai Standardisasi Metrologi Legal Regional II, Kementerian Perdagangan
arif.nurjaya@gmail.com

Abstrak

Menurut Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal, setiap Unit Metrologi Legal diwajibkan melakukan program penjaminan kesesuaian hasil pengukuran. Program penjaminan kesesuaian hasil pengukuran dapat berupa pengecekan antara, interkomparasi dan replika pengujian. *Control chart* sebagai *output* dari pengecekan antara dan replika pengujian diharapkan selalu dalam rentang batas kendali yang telah ditetapkan. Apabila *control chart* yang dihasilkan keluar dari rentang batas kendali, perlu dilakukan analisis dan tindak lanjut untuk mengatasi penyebabnya. Akan tetapi, Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal belum mengatur tata cara analisis dan tindak lanjut ketika *control chart* keluar dari rentang batas kendali. Setelah melakukan studi literatur, dalam artikel ini penulis merangkum sekurang-kurangnya terdapat 6 (enam) bentuk grafik *control chart* yang dapat dihasilkan, yaitu *Process improvement*, *Shift in values of standard*, *Drift of values of standard*, *Outliers*, *Process degradation*, dan *process out of tolerances*. Masing-masing bentuk grafik *control chart* memiliki analisis penyebab dan tindak lanjut yang berbeda sebagaimana yang dijelaskan secara rinci dalam artikel ini. Artikel ini diharapkan dapat memberikan panduan bagi Unit Metrologi Legal dalam melakukan evaluasi *control chart* yang dihasilkan dalam pengecekan antara dan replika pengujian, termasuk melakukan analisis penyebab dan tindak lanjut yang dapat diambil sehingga permasalahan yang muncul teratasi dan tidak terulang kembali.

Kata Kunci: *control chart*, pengecekan antara, replika pengujian.

Abstract

A Legal Metrology Body has to do measurement assurance in accordance with Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal. The Measurement assurance consists of check standard, inter-laboratory comparison, and replicate tests. Control chart as the output of check standard and test replicas must be within the specified control limits. However, if the control chart is out of the control limit range, it needs to be analyzed and followed up. There are no procedures for analysis and follow-up when the control chart is out of the control limit range. After research, this article defines 6 (six) types of graphs that can be generated, i.e. Process improvement, Shift in values of standard, Drift of values of standard, Outliers, Process degradation, and process out of tolerances. Each type of control chart has a different cause and follow-up analysis as described in this article. This article is expected to guide a Legal Metrology Body in evaluating the control chart generated in check standard and test replicas, including conducting cause analysis and follow-up so that problems that appear resolved and do not happen again.

Keywords: *control chart*, check standard, replicate tests.

PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal[1], Unit Metrologi Legal harus melakukan pengelolaan Standar Ukuran yang meliputi:

1. Perawatan Standar Ukuran,
2. Pendokumentasian Standar Ukuran,
3. Penggunaan Standar Ukuran,
4. Jaminan kesesuaian hasil pengukuran.

Dalam Peraturan Menteri Perdagangan tersebut juga disebutkan bahwa Unit Metrologi Legal harus menjamin kesesuaian hasil pengukuran dengan cara:

1. Melakukan pengecekan antara standar ukuran yang digunakan sebagai standar kerja sekurang-kurangnya 6 (enam) bulan sekali; dan/atau,
2. Melakukan replika pengujian terhadap artefak Alat Ukur Takar Timbang dan Perlengkapannya (UTTP) sekurang-kurangnya 6 (enam) bulan sekali; dan
3. Mengikuti program interkomparasi Standar Ukuran yang diselenggarakan oleh Balai Standar Nasional Satuan Ukuran (SNSU) atau Balai Standardisasi Metrologi Legal (BSML).

Berdasarkan Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 Tahun 2019, pengecekan antara dan program interkomparasi merupakan hal yang wajib dilaksanakan

oleh setiap Unit Metrologi Legal dalam melakukan jaminan kesesuaian hasil pengukuran. Adapun replika pengujian dapat tidak dilaksanakan apabila sudah melakukan pengecekan antara.

Sebagai bentuk *reward* atau penghargaan bagi Unit Metrologi Legal yang melaksanakan jaminan kesesuaian hasil pengukuran, hasil evaluasi pengecekan antara atau replika pengujian dan interkomparasi dapat dijadikan pertimbangan perpanjangan jangka waktu verifikasi maksimal sebanyak 1 kali periode verifikasi, apabila hasil pengecekan antara atau replika pengujian masih dalam batas kendali dan hasil interkomparasi menunjukkan nilai yang setara.

Dengan demikian, pelaksanaan jaminan kesesuaian harus dianalisis apakah masih dalam rentang batas kendali atau tidak. Kemudian apabila ditemukan hasil yang berada di luar kriteria yang ditetapkan Unit Metrologi Legal harus merencanakan tindakan untuk mengoreksi permasalahan sehingga dapat mencegah terjadinya hasil pengukuran yang tidak tepat.

Peraturan Menteri Perdagangan ini telah mengatur tata cara melaksanakan jaminan kesesuaian hasil pengukuran dengan sangat detail. Akan tetapi, analisis terhadap hasil pelaksanaan pengecekan antara, replika pengujian dan interkomparasi belum dijelaskan. Dengan demikian Unit Metrologi Legal dimungkinkan akan kesulitan dalam merencanakan tindakan untuk mengoreksi permasalahan yang muncul apabila pelaksanaan pengecekan antara, replika pengujian dan interkomparasi menunjukkan hasil yang di luar batas kendali.

Sesuai Peraturan Menteri Perdagangan tersebut, yang bertanggung jawab melakukan evaluasi hasil interkomparasi adalah penyelenggara dalam hal ini Balai SNSU atau BSML. Adapun hasil pengecekan antara dan replika pengujian memiliki hasil yang sama yaitu *control chart*, perbedaannya hanya pada penentuan batas kendali, untuk pengecekan antara batas kendalinya dihitung dari 3 (tiga) kali standar deviasi sedangkan replika pengujian batas kendalinya merupakan 1/3 dari Batas Kesalahan yang Diizinkan (BKD) artefak UTTP yang digunakan.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rakhmawati, A. dan Triono, A. berupa analisis cek antara pada *burette*[2], *pressure gauge*[3] dan *ruler calibrator*[4]. Artikel ini akan membahas evaluasi terhadap *control chart* sebagai *output* dari pelaksanaan pengecekan antara dan replika pengujian pada anak timbangan standar. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang melakukan analisis statistik berupa Uji-F terhadap data hasil cek antara, artikel ini hanya melakukan analisis terhadap bentuk grafik *control chart* yang dimungkinkan dapat terjadi saat melakukan cek antara.

Bentuk grafik yang disajikan dalam artikel ini diambil dari *KAN Guide on Measurement Assurance*[5]. Kemudian rumus dan cara penyusunan *control chart* diambil dari Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal[1]. Tujuan dari penyusunan artikel ini untuk memudahkan Unit Metrologi Legal dalam melakukan analisis penyebab dan menentukan tindakan perbaikan yang sesuai apabila hasil pengecekan antara dan/atau replika pengujian ke luar dari batas kendali.

METODA

Metoda yang digunakan dalam penyusunan artikel ini adalah studi literatur dengan mempertimbangkan berbagai macam bentuk grafik *control chart* yang mungkin dapat terbentuk pada saat pelaksanaan pengecekan antara atau replika pengujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada prinsipnya *control chart* hanya merupakan alat bantu grafis yang digunakan untuk menampilkan data untuk memonitor, mengevaluasi atau meningkatkan proses pengukuran dari suatu waktu ke waktu lainnya[6]. *Control chart* dapat mempermudah melihat perbandingan antar pengukuran yang dilakukan dalam pengecekan antara atau replika pengujian. Sekaligus memberi batas-batas tertentu apakah hasil pengujian masih memenuhi syarat atau tidak. Ketika hasil pengujian telah keluar dari batas, maka hal tersebut mengindikasikan ada permasalahan pada Standar Ukuran dan tindakan apa yang perlu dilakukan selanjutnya.

Tujuan penggunaan *control chart* secara umum adalah untuk mengefisienkan program penjaminan kesesuaian hasil pengukuran dengan meminimalkan kehilangan data, membuat sistem terintegrasi dengan beban pengujian yang normal serta memonitor akurasi dan ketidakpastian dalam penggunaan standar.

Program penjaminan kesesuaian hasil pengukuran seharusnya dilakukan secara terus-menerus dalam memonitor proses, untuk memastikan hasil pengukuran yang dilakukan berada dalam rentang yang sudah ditentukan. Tidak hanya memilih beberapa data yang “bagus” kemudian dimasukkan dalam *control chat* untuk kepentingan *survailen* semata. Dengan demikian, setiap data yang diambil seharusnya dimasukkan dalam *control chart* dan segera dilakukan evaluasi agar apabila terjadi kondisi yang di luar batas (*out of control*) maka segera dapat diperbaiki.

Data yang dimaksud dalam hal ini adalah data pengecekan antara atau replika pengujian yang pada prinsipnya membandingkan pengujian saat ini dengan pengujian terdahulu yang dilakukan dalam kondisi awal yang ideal. Pengecekan antara dilakukan secara periodik

setiap 6 (enam) bulan sekali atau dapat pula lebih singkat berdasarkan frekuensi dan beban penggunaan standar dalam rentang antar masa verifikasi. Kondisi awal yang ideal merupakan kondisi pada saat standar dalam kondisi yang prima diyakini kondisi tersebut muncul pada saat standar baru saja selesai dikalibrasi dan laboratorium dalam pengkondisian yang baik. Dari data awal ini ditentukan rentang batas seberapa jauh hasil pengujian berikutnya dapat melenceng dari kondisi awal yang diyakini ideal. Data-data berikutnya diambil secara periodik dalam frekuensi tertentu untuk dibandingkan hasilnya dengan kondisi awal.

Berikut contoh data awal yang dihasilkan dalam pelaksanaan pengecekan antara terhadap artefak anak timbangan kelas F1 nominal 200 g, pada tanggal 22 Maret 2021 sampai dengan 2 April 2021. Pengambilan 10 data awal terhadap artefak tersebut menggunakan anak timbangan standar kelas E2 dan *mass comparator* dengan daya baca 0,00001 g, adapun hasil ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengambilan data awal

Date	Data (g)	Correction (mg)
22-Mar-21	200,00027	0,270
23-Mar-21	200,00030	0,300
24-Mar-21	200,00025	0,250
25-Mar-21	200,00031	0,310
26-Mar-21	200,00028	0,280
29-Mar-21	200,00029	0,290
30-Mar-21	200,00030	0,300
31-Mar-21	200,00026	0,260
01-Apr-21	200,00030	0,300
02-Apr-21	200,00028	0,280

Kemudian dari 10 hasil pengambilan data tersebut dihitung nilai rata-ratanya melalui persamaan berikut:

$$\bar{h}_{cs} = \frac{\sum_{k=1}^n h_{csk}}{n} \quad (1)$$

Menggunakan persamaan (1) diperoleh nilai rata-rata koreksi sebesar 0,284 g.

Kemudian dihitung pula nilai standar deviasinya melalui persamaan berikut:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (\bar{h}_{cs} - h_{csk})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Menggunakan persamaan (2) diperoleh nilai standar deviasi sebesar 0,020 g.

Kemudian, dari nilai rata-rata dan standar deviasi dihitung batas kendalinya melalui persamaan berikut:

$$\text{Upper Warning Limit (UWL)} = \bar{h}_{cs} + 2S_d$$

$$\text{Lower Warning Limit (LWL)} = \bar{h}_{cs} - 2S_d$$

$$\text{Upper Action Limit (UAL)} = \bar{h}_{cs} + 3S_d$$

$$\text{Lower Action Limit (LAL)} = \bar{h}_{cs} - 3S_d$$

$$\text{Upper Tolerance Limit (UTL)} = \bar{h}_{cs} + \frac{1}{3}\text{MPE}$$

$$\text{Lower Tolerance Limit (LTL)} = \bar{h}_{cs} - \frac{1}{3}\text{MPE} \quad (3)$$

Menggunakan persamaan (3) diperoleh nilai sebagai batas kendali berikut:

$$\text{Upper Warning Limit (UWL)} = 0,323 \text{ g}$$

$$\text{Lower Warning Limit (LWL)} = 0,245 \text{ g}$$

$$\text{Upper Action Limit (UAL)} = 0,343 \text{ g}$$

$$\text{Lower Action Limit (LAL)} = 0,225 \text{ g}$$

$$\text{Upper Tolerance Limit (UTL)} = 0,617 \text{ g}$$

$$\text{Lower Tolerance Limit (LTL)} = -0,049 \text{ g}$$

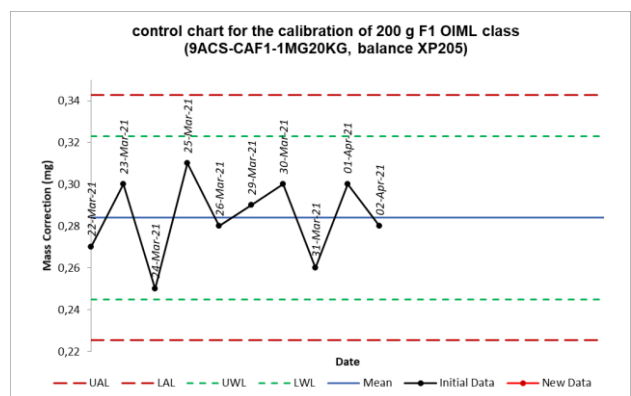
Untuk memudahkan dalam pembuatan grafik, nilai tersebut disusun dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Batas Kendali

Description	: 10 point initial data; 7 point next data
Balance used	: XP 205 / 0,00001 g
Load	: 200 g
Check standar	: F1
Serial Number	: 9ACS-CAF1-1MG20KG

Date	Data (g)	Correction (mg)	Mean	Std Dev	Limit			
					UWL	LWL	UAL	LAL
22-Mar-21	200,00027	0,270	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
23-Mar-21	200,00030	0,300	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
24-Mar-21	200,00025	0,250	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
25-Mar-21	200,00031	0,310	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
26-Mar-21	200,00028	0,280	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
29-Mar-21	200,00029	0,290	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
30-Mar-21	200,00030	0,300	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
31-Mar-21	200,00026	0,260	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
01-Apr-21	200,00030	0,300	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225
02-Apr-21	200,00028	0,280	0,282	0,020	0,323	0,245	0,343	0,225

Dari Tabel 2 tersebut di atas dapat dihasilkan *control chart* seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Contoh *control chart* data awal

Sesuai Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal, sekurang-kurangnya 6 bulan berikutnya dilakukan pengambilan data kembali yaitu pada tanggal 1 - 7 September 2021 sebanyak 7 data baru. Dari hasil simulasi data, paling tidak ada 6 (enam) bentuk grafik yang mungkin terjadi dan mengindikasikan kondisi yang berbeda, di antaranya yaitu:

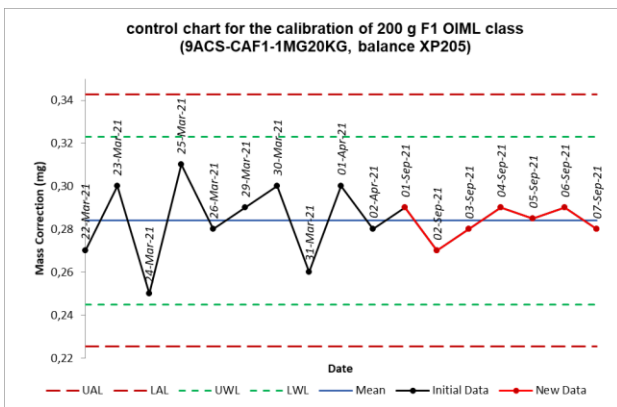
1. *Process improvement*

Process improvement merupakan suatu keadaan yang mengindikasikan terjadinya peningkatan proses atau hasil yang lebih baik pada kondisi sekarang apabila dibandingkan dengan kondisi awal yang dianggap ideal. Hal ini ditandai dengan diperolehnya standar deviasi yang lebih kecil pada saat pengujian. Seperti terlihat pada Tabel 3, dari hasil pengambilan data pada tanggal 1 – 7 September 2021 diperoleh nilai standar deviasi sebesar 0,007 g yang jauh lebih kecil dari nilai standar deviasi hasil pengambilan data pada tanggal 22 Maret – 2 April 2021 yang sebesar 0,020 g.

Tabel 3. Data yang menunjukkan *Process improvement*

Date	Data (g)	Correction (mg)
01-Sep-21	200,00029	0,29
02-Sep-21	200,00027	0,27
03-Sep-21	200,00028	0,28
04-Sep-21	200,00029	0,29
05-Sep-21	200,00029	0,28
06-Sep-21	200,00029	0,29
07-Sep-21	200,00028	0,28

Apabila data pada Tabel 3 dimasukkan dalam Gambar 1, maka akan diperoleh bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh *control chart* terjadinya *process improvement*

Berikut ini beberapa kemungkinan penyebab terjadinya *process improvement*, antara lain:

- Standar Ukuran dilakukan perbaikan atau reparasi setelah pengambilan data awal
- Standar Ukuran dirawat dengan baik dan secara berkala
- Personil sangat berpengalaman dalam pengujian dan menjalankan prosedur pengujian dengan sangat baik
- Personil memperoleh pelatihan teknis setelah pengambilan data awal

- Kondisi lingkungan terutama suhu dipantau secara berkala

Langkah yang dapat dilakukan apabila terjadinya *process improvement*, di antaranya yaitu:

- Sebaiknya menghitung ulang standar deviasi, mungkin terdapat kesalahan hitung atau rumus.
- Sebaiknya memeriksa kembali *control chart*, mungkin terdapat kesalahan pembuatan *control chart*.

Karena pada umumnya Standar Ukuran akan mengalami penurunan kualitas maupun fungsinya, sehingga hal yang abnormal apabila seiring bertambahnya waktu Standar Ukuran malah semakin baik. Ketika tidak ada perbaikan atau reparasi terhadap Standar Ukuran bisa jadi perhitungan rumus atau pembuatan *control chart* terdapat kekeliruan.

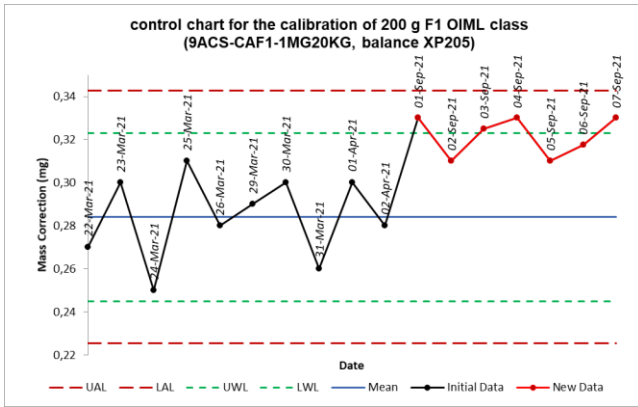
2. *Shift in values of standard*

Shift in values of standard merupakan suatu keadaan yang mengindikasikan terjadinya perubahan nilai standar. Hal ini ditandai dengan terdapatnya data baru yang cenderung berada di atas atau di bawah nilai rata-rata (*mean*) sebelumnya, seperti terlihat pada Tabel 4 Dimana data yang diperoleh pada tanggal 1 – 7 September 2021 selalu berada di atas nilai rata-rata hasil pengambilan data pada tanggal 22 Maret – 2 April 2021 yang sebesar 0,284 g.

Tabel 4. Data yang menunjukkan *Shift in values of standard*

Date	Data (g)	Correction (mg)
01-Sep-21	200,00033	0,33
02-Sep-21	200,00031	0,31
03-Sep-21	200,00033	0,33
04-Sep-21	200,00033	0,33
05-Sep-21	200,00031	0,31
06-Sep-21	200,00032	0,32
07-Sep-21	200,00033	0,33

Apabila data pada Tabel 4 dimasukkan dalam Gambar 1, maka akan diperoleh bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Contoh control chart terjadinya *Shift in values of standard*

Berikut ini beberapa kemungkinan penyebab dan langkah yang dapat dilakukan apabila terjadinya *shift in values of standard*, antara lain:

- Perubahan nilai standar ukuran dapat disebabkan oleh kerusakan standar ukuran atau masa berlaku verifikasi sudah habis. Dengan demikian sebaiknya dilakukan perawatan terhadap standar ukuran dan melakukan verifikasi ulang. Apabila melakukan verifikasi ulang, jangan lupa untuk mengambil data awal kembali.
- Apabila standar ukurannya baik, ada kemungkinan artefak yang digunakan untuk pengecekan antara yang berubah nilainya. Perubahan nilai artefak mungkin terjadi karena 2 (dua) hal, yaitu artefak tidak stabil atau artefak digunakan dalam baik untuk verifikasi internal atau tera/tera ulang. Dengan demikian sebaiknya artefak yang digunakan pengecekan antara disimpan dan tidak digunakan selain untuk pengecekan antara.
- *Software* yang digunakan untuk melakukan perhitungan hasil pengujian tidak pernah divalidasi, sehingga dimungkinkan terjadi perubahan yang tidak terdeteksi. Sebaiknya *software* yang digunakan digunakan untuk melakukan perhitungan hasil pengujian divalidasi secara berkala.
- Perubahan nilai juga dapat disebabkan oleh kesalahan ketik dalam memasukkan data. Sebaiknya cek kembali data hasil pengujiannya.
- Perbedaan kondisi lingkungan pengujian dengan kondisi awal yang signifikan dapat menyebabkan perubahan hasil pengujian. Dengan demikian sebaiknya kondisi lingkungan pengujian disesuaikan kembali agar mendekati kondisi awalnya.

3. *Drift of values of standard*

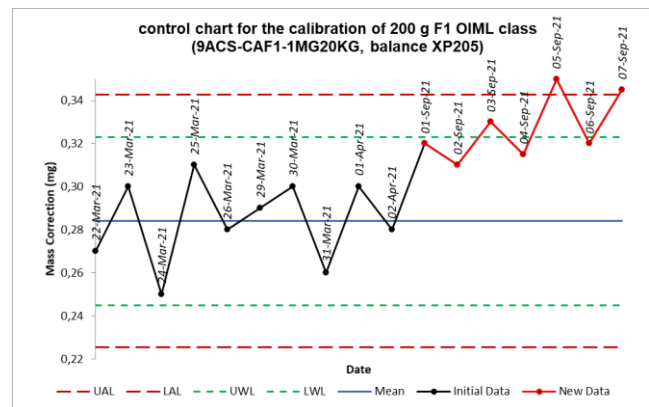
Drift of values of standard merupakan suatu keadaan yang mengindikasikan terjadinya pergeseran nilai standar. Hal ini ditandai dengan adanya peningkatan atau penurunan data secara terus-menerus pada saat

pengujian. Hal yang membedakan dengan *Shift in values of standard*, yaitu pada *Shift in values of standard* nilai baru yang dihasilkan cenderung stabil di atas atau di bawah nilai rata-rata *initial data* sedangkan pada *Drift of values of standard* nilai baru yang dihasilkan cenderung naik atau turun secara terus-menerus hingga dapat melewati nilai batas kendalanya seperti terlihat pada data yang diperoleh pada tanggal 1 – 7 September 2021 yang walaupun berfluktuasi tetapi nilainya cenderung naik terus sebagaimana tertera pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Data yang menunjukkan *Drift of values of standard*

Date	Data (g)	Correction (mg)
01-Sep-21	200,00032	0,32
02-Sep-21	200,00031	0,31
03-Sep-21	200,00033	0,33
04-Sep-21	200,00032	0,32
05-Sep-21	200,00035	0,35
06-Sep-21	200,00032	0,32
07-Sep-21	200,00035	0,35

Apabila data pada Tabel 5 dimasukkan dalam Gambar 1, maka akan diperoleh bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh control chart terjadinya *Drift of values of standard*

Berikut ini beberapa kemungkinan penyebab dan langkah yang dapat dilakukan apabila terjadinya *drift in values of standard*, antara lain:

- Standar ukuran tidak cukup stabil mungkin disebabkan frekuensi penggunaan yang terlalu tinggi atau usia standar ukuran yang sudah terlalu lama. Sebaiknya beban penggunaan standar ukuran dikurangi atau memperpendek rentang pengecekan antara, bila hal tersebut tidak menyelesaikan masalah maka sebaiknya standar ukuran diganti dengan yang lebih stabil.

- Apabila standar ukurannya bagus dan stabil, mungkin artefak yang digunakan untuk pengecekan antara yang tidak stabil bisa jadi karena berkarat atau kotor. Dengan demikian pemilihan jenis bahan untuk artefak sangat signifikan terhadap kebenaran program penjaminan hasil pengujian.

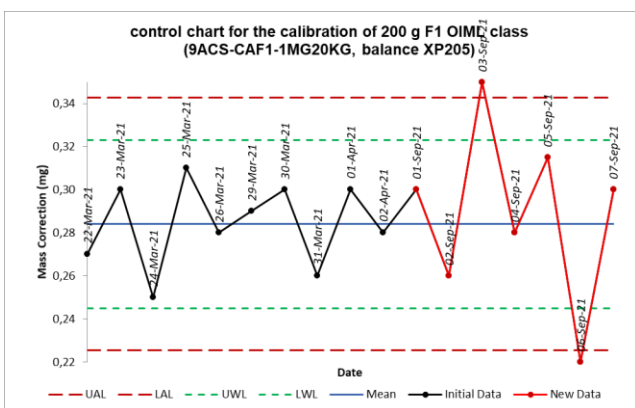
4. *Outliers*

Outliers merupakan suatu keadaan yang mengindikasikan terjadinya proses pengujian yang di luar batas. Hal ini ditandai dengan adanya data yang keluar batas pada saat pengujian tapi tidak tetap kadang di atas atau di bawah nilai batas kendalinya. Sama-sama dapat menyebabkan data baru keluar dari batas nilai kendali, hal yang membedakan *outlier* dengan *Drift of values of standard* yaitu pada *Drift of values of standard* data yang dihasilkan cenderung naik atau turun tapi pada *outlier* datanya terkadang naik maupun turun. Seperti terlihat pada data yang diperoleh pada tanggal 1-7 September 2021 sebagaimana tertera pada Tabel 6 terdapat nilai yang berada di atas nilai *Upper Warning Limit (UWL)* 0,323 g yaitu pada tanggal 3 September 2021 dan terdapat nilai yang berada di bawah nilai *Lower Action Limit (LAL)* 0,225 g yaitu pada tanggal 6 September 2021.

Tabel 6. Data yang menunjukkan *Outliers*

Date	Data (g)	Correction (mg)
01-Sep-21	200,00030	0,30
02-Sep-21	200,00026	0,26
03-Sep-21	200,00035	0,35
04-Sep-21	200,00028	0,28
05-Sep-21	200,00032	0,32
06-Sep-21	200,00022	0,22
07-Sep-21	200,00030	0,30

Apabila data pada Tabel 6 dimasukkan dalam Gambar 1, maka akan diperoleh bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh *control chart* terjadinya *Outliers*

Berikut ini beberapa kemungkinan penyebab dan langkah yang dapat dilakukan apabila terjadinya *outliers*, antara lain:

- Standar tidak bekerja dengan baik, mungkin terdapat kesalahan pada standar ukuran sehingga hasil pengujiannya tidak stabil. Sebaiknya cek kelengkapan standar ukuran apakah semua sudah terkoneksi dengan baik.
- Tidak dilakukan pengkondisian terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian sehingga terjadi fluktuasi kondisi lingkungan yang cukup signifikan selama proses pengujian berlangsung.
- Kesalahan ketik dalam memasukkan data atau kesalahan dalam proses perhitungan hasil pengujian. Sebaiknya investigasi ulang *software* yang digunakan dalam perhitungan.
- Kondisi lingkungan pengujian di luar persyaratan, sehingga sebaiknya kondisi lingkungan pengujian disesuaikan kembali agar selalu berada dalam rentang yang dipersyaratkan.

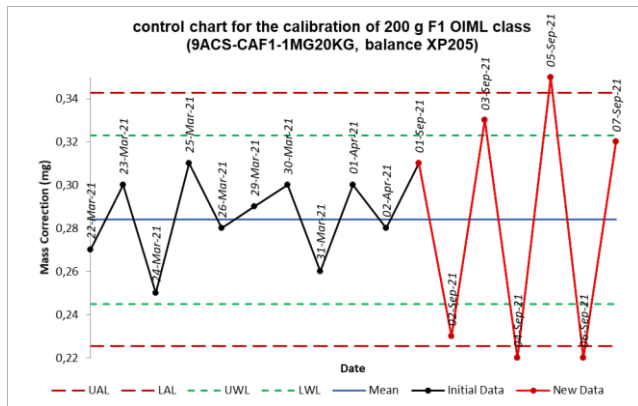
5. *Process degradation*

Process degradation merupakan suatu keadaan yang mengindikasikan terjadinya penurunan proses atau hasil yang lebih buruk pada kondisi sekarang apabila dibandingkan dengan kondisi awal yang dianggap ideal. Hal ini ditandai dengan diperolehnya standar deviasi yang lebih besar pada data baru. Terkadang *process degradation* mirip dengan *outlier* dimana datanya ada yang keluar dari batas nilai kendali. Akan tetapi, pada *process degradation* lebih pada standar deviasi yang dihasilkan jauh lebih besar dari sebelumnya baik keluar batas nilai kendali maupun tidak. Seperti terlihat pada Tabel 7, dari hasil pengambilan data pada tanggal 1 – 7 September 2021 diperoleh nilai standar deviasi sebesar 0,057 g yang jauh lebih besar dari nilai standar deviasi hasil pengambilan data pada tanggal 22 Maret – 2 April 2021 yang sebesar 0,020 g.

Tabel 7. Data yang menunjukkan *Process degradation*

Date	Data (g)	Correction (mg)
01-Sep-21	200,00031	0,31
02-Sep-21	200,00023	0,23
03-Sep-21	200,00033	0,33
04-Sep-21	200,00022	0,22
05-Sep-21	200,00035	0,35
06-Sep-21	200,00022	0,22
07-Sep-21	200,00032	0,32

Apabila data pada Tabel 7 dimasukkan dalam Gambar 1, maka akan diperoleh bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Contoh control chart terjadinya *Process degradation*

Berikut ini beberapa kemungkinan penyebab dan langkah yang dapat dilakukan apabila terjadinya *Process degradation*, antara lain:

- Standar sudah tidak bekerja dengan baik, sebaiknya dilakukan perawatan terhadap standar agar kinerjanya kembali prima.
- SDM yang tidak kompeten dalam melakukan pengujian juga dapat menyebabkan terjadinya *process degradation*, sehingga sebaiknya dilakukan pelatihan terhadap SDM.
- Peralatan yang mengatur kondisi lingkungan mungkin rusak sehingga kondisi lingkungan pengujian di luar persyaratan.

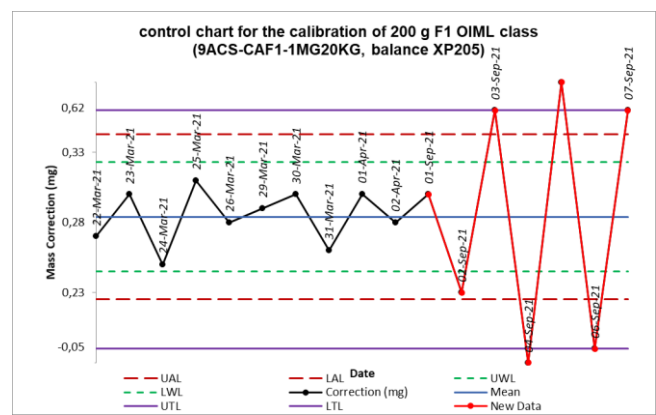
6. *Process out of tolerances*

Apabila dalam *control chart* ditambahkan 1/3 toleransi atau batas kesalahan yang diizinkan (*maximum permissible errors*) seperti pada Replika Pengujian, maka dapat digunakan untuk melakukan evaluasi spesifikasi standar dengan proses pengujian yang diinginkan. Apakah peralatan dan standar yang digunakan sudah memenuhi persyaratan atau belum. Menurut OIML R 111-1 nilai toleransi dari anak timbangan 200 g kelas F1 adalah 1 mg[7], dengan menggunakan persamaan (3) maka nilai batas toleransinya adalah 0,617 g dan -0,049 g. Seperti terlihat pada Tabel 8, diperoleh data yang keluar dari batas nilai batas toleransi yaitu pada tanggal 4 dan 5 September 2021.

Tabel 8. Data yang menunjukkan *process out of tolerances*

Date	Data (g)	Correction (mg)
01-Sep-21	200,00030	0,30
02-Sep-21	200,00023	0,23
03-Sep-21	200,00036	0,36
04-Sep-21	199,99993	-0,07
05-Sep-21	200,00070	0,70
06-Sep-21	200,00019	0,19
07-Sep-21	200,00036	0,36

Apabila data pada Tabel 8 dimasukkan dalam Gambar 1, maka akan diperoleh bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Contoh control chart terjadinya *process out of tolerances*

Berikut ini beberapa kemungkinan penyebab dan langkah yang dapat dilakukan apabila terjadinya *process out of tolerances*, antara lain:

- Daya baca dan/atau *repeatability* timbangan yang digunakan tidak memenuhi persyaratan, hal ini mengakibatkan hasil pengujian keluar dari nilai 1/3 toleransi. Dengan demikian sebaiknya mengganti dengan timbangan yang spesifikasinya lebih baik.

PENUTUP

Simpulan

Hasil pengecekan antara dan replika pengujian yang dilakukan oleh Unit Metrologi Legal, tentu diharapkan selalu di dalam rentang batas kendali yang telah ditentukan. Akan tetapi, apabila *control chart* yang dihasilkan keluar dari rentang batas kendali, perlu dianalisis bentuk *control chart* yang diperoleh, apakah mirip dengan *Process improvement*, *Shift in values of standard*, *Drift of values of standard*, *Outliers*, *Process degradation*, atau *process out of tolerances* yang telah dijelaskan sebelumnya. Kemudian menentukan langkah-langkah perbaikan yang dapat dilakukan berdasarkan bentuk grafik *control chart* tersebut. Semoga artikel ini

dapat memberikan gambaran penyebab kenapa hal tersebut terjadi sekaligus memberikan solusi dan tindak lanjut untuk mengatasi penyebab masalah sekaligus mencegah masalah yang serupa tidak terulang kembali.

Saran

Analisis *control chart* yang ada dalam artikel ini baru sebatas *control chart* yang ada dalam Panduan KAN mengenai penjaminan mutu hasil pengukuran[5]. Tentu dalam implementasinya akan banyak sekali variasi bentuk *control chart* yang mungkin muncul. Oleh karena itu, perlu penelitian lanjutan yang menganalisis bentuk *control chart* selain 7 (tujuh) bentuk *control chart* yang sudah dibahas dalam artikel ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tak lupa penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh Tim Editorial Jurnal Insan Metrologi yang telah melakukan revidi dan memberikan saran dan revisi terhadap artikel ini. Semoga artikel ini dapat bermanfaat bagi pengembangan metrologi legal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Menteri Perdagangan Nomor 52 tahun 2019 tentang Standar Ukuran Metrologi Legal
- [2] Rakhmawati, A. dan Triono, A., (2020). Cek Antara Alat Ukur Burette Untuk Jaminan Mutu Internal Hasil Kalibrasi. Jurnal Technologic, Vol.11(1). Politeknik Manufaktur Astra.
- [3] Rakhmawati, A. dan Triono, A., (2020). Metode Cek Antara Pressure Gauge Untuk Jaminan Mutu Internal Laboratorium Kalibrasi. Jurnal Technologic, Vol.11(1). Politeknik Manufaktur Astra.
- [4] Rakhmawati, A. dan Triono, A., (2020). Metode Cek Antara Ruler Calibrator Untuk Jaminan Mutu Internal Kalibrasi. Jurnal Technologic, Vol.11(1). Politeknik Manufaktur Astra.
- [5] KAN Pd-02.05, “KAN Guide on Measurement Assurance,” 2 Januari 2019.
- [6] NIST/SEMATECH, “Engineering Statistics Handbook”, electronic file web based handbook at <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, National Institutes of Standards and Technology, Technology Administration, US Department of Commerce, November 2003
- [7] OIML R 111-1 (2008), Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃