

ANALISIS PENINGKATAN TINGKAT PENGUJIAN ULANG DALAM PROSES UJI LABORATORIUM PRODUK TEKSTIL MENGGUNAKAN METODE FMEA

Afifulloh Afifulloh, Hasbullah Hasbullah

Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Indonesia

ABSTRACT

Third-party laboratories are laboratories that provide analytical services as quality control of an item to be marketed. In its activities, sometimes the results of the analysis produced by the laboratory are not all acceptable because there are analysis results that do not meet the test quality specifications. The purpose of this study is to improve the defect rate on the test results using QC tools and FMEA methods. The findings in this study identify the main root causes are the errors of analysts when doing testing, there are no standard procedures for instrument maintenance, and lack of supervision. The proposed improvements given are personnel training, working instruction for instrument maintenance, logbook for record the activity and tighter supervision. After repairs, the defect rate in the test results can be reduced from 5.72% to 1.02%.

Keyword: FMEA, Laboratory, Re-testing, Textiles.

Pendahuluan

Kesadaran konsumen akan produk yang berkualitas tumbuh dari waktu ke waktu. Ini membuat perusahaan-perusahaan di bidang manufaktur dituntut untuk meningkatkan kualitas produk agar dapat mempertahankan persaingan dengan perusahaan lain. Efisiensi dan kualitas barang dan jasa adalah salah satu kunci utama bagi perusahaan untuk bertahan hidup. Sama dengan perusahaan manufaktur yang menghasilkan barang, perusahaan jasa juga dipaksa untuk menghasilkan produk layanan yang berkualitas. Ketepatan waktu dalam menyediakan produk layanan kepada

pelanggan diperlukan untuk menjaga kelangsungan bisnis. Saat ini perkembangan sektor industri jasa cukup baik. Industri jasa seperti transportasi, pengiriman, layanan konsultasi serta layanan analisis dan inspeksi sedang berkembang di Indonesia. Industri jasa memiliki prospek yang baik, sehingga peluang ini harus dimanfaatkan sebaik mungkin oleh para pemain industri jasa dengan meningkatkan kinerja sehingga lebih cepat dan lebih tepat sehingga perusahaan dapat bertahan dalam persaingan bisnis, data yang dikeluarkan oleh kementerian industri dalam analisis pengembangan industri pada

edisi kedua 2018, pada kuartal pertama 2018 industri sektor jasa perusahaan naik 8,04% tahun (sumber: Kementerian Perindustrian).

Salah satu produk layanan yang dibutuhkan oleh pelanggan adalah layanan pengujian laboratorium. Layanan pengujian laboratorium yang diperlukan adalah untuk mengesahkan suatu produk. Laboratorium independen (laboratorium pihak ketiga) adalah laboratorium yang tidak berafiliasi dengan perusahaan tempat produk diproduksi. Laboratorium ini bebas tanpa paksaan dari pihak mana pun sehingga hasil analisis yang dikeluarkan tidak terganggu oleh permintaan pelanggan. Ini tertera dalam salah satu klausul ISO 17025: 2017 tentang ketidakberpihakan. Menurut ISO 17025: 2017 klausul 4.1.1 dan klausul 4.1.2, kegiatan laboratorium harus dilakukan secara tidak memihak dan terstruktur dan dikelola untuk mempertahankan ketidakberpihakan.

Pada perusahaan manufaktur yang menghasilkan barang, mereka memiliki masalah yang berkaitan dengan bekerja kembali. Re-work adalah proses dimana barang dibuat untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh penyelesaian atau koreksi [1]. Sama seperti di perusahaan manufaktur, pengujian ulang adalah salah satu pemborosan dalam kegiatan laboratorium yang harus dihilangkan. Pengujian ulang biasanya dilakukan untuk memastikan hasil analisis yang telah diperoleh valid. Beberapa faktor yang memerlukan pengujian berulang, salah satunya adalah kontrol kualitas dari langkah pengujian tidak sesuai dengan spesifikasi sehingga hasil analisis diragukan dan masih banyak faktor lain yang menyebabkan hasil analisis harus diuji ulang. Menjadi penting

untuk diteliti tentang pengujian ulang laboratorium uji yang merupakan salah satu limbah. Di perusahaan jasa yang akan diteliti oleh penulis, rata-rata ada sekitar 35.000 tes tahunan dengan rata-rata tes ulang 4-5%. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi angka pengujian ulang yang tidak perlu adalah FMEA (Failure Mode Effect Analysis).

Tinjauan Pustaka

Pengujian di laboratorium sangat rentan terhadap kesalahan pengujian. Ini karena pekerjaan di laboratorium adalah pekerjaan lintas departemen [7]. Kesalahan pengujian akan menyebabkan pengujian ulang yang membutuhkan biaya produksi tambahan. Beberapa penelitian sebelumnya juga memiliki masalah dengan pengujian ulang. Dalam jurnal yang ditulis oleh Giuseppe Lippi, et.al. ada 22% pengujian ulang yang terdeteksi dalam sistem. dari deteksi ini, 16,70% pengujian ulang tidak diizinkan. Dari pengurangan pengujian ulang, penghematan biaya sebesar 12,8% dicatat dari total biaya pengujian selama periode pengamatan [2]. Dalam jurnalnya, Hawkins menyimpulkan hasil penelitiannya bahwa jumlah pengujian ulang yang tidak perlu adalah 2% dari total uji atau lebih dari 70 uji per hari [3]. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Huissoon dan Carlton, menyimpulkan bahwa ada 7,3% pengujian ulang yang tidak diperlukan dari total beban kerja dengan biaya £ 13.000 [4]. Selain menimbulkan biaya tambahan, pengujian ulang juga menyebabkan keterlambatan *Turn Around Time* (TAT). TAT digunakan sebagai indikator untuk efisiensi laboratorium [5]. Konsumen jasa pengujian sangat

mebutuhkan ketepatan waktu kerja dan juga hasil yang valid karena hasil laboratorium sangat penting untuk digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Pengujian ulang akan menyebabkan biaya baru yang seharusnya tidak dikeluarkan. Ini membuat inefisiensi dalam proses kerja. Limbah terjadi dalam hal biaya pengujian ulang dan tenaga kerja yang dikeluarkan oleh pekerja. Padahal, untuk mengejar ketinggalan terkadang butuh kerja lembur. Kemungkinan penyebab pengerjaan ulang dikategorikan secara luas termasuk (1) perubahan ruang lingkup; (2) desain / dokumentasi yang salah; (3) kurangnya sistem manajemen mutu; dan (4) pengerjaan yang buruk [6]. Sejumlah faktor utama termasuk (1) kesalahan interpretasi gambar dan spesifikasi; (2) penggunaan spesifikasi yang diganti dalam rantai pasokan; (3) komunikasi yang buruk atau tidak tepat; (4) kurangnya koordinasi rantai pasokan; (5) tingkat pelatihan dan keterampilan yang buruk; dan pengawasan yang tidak memadai [7]. Sumber kesalahan terbesar yang diidentifikasi adalah kesalahan karena kurangnya pelatihan, kompetensi rendah, dan kepedulian terhadap pekerjaan [8].

Kesalahan pengujian dapat dikurangi menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Metode ini digunakan untuk banyak studi sebagai metode yang efektif untuk manufaktur otomotif. FMEA diperkenalkan di industri dirgantara pada 1960-an, dan telah diterapkan di industri kesehatan untuk pengembangan sistem kritis dalam pembuatan obat dan pencegahan kesalahan pengobatan di rumah sakit [9] [10]. Teknik FMEA dapat diterapkan pada proses

laboratorium [11]. Setiap langkah kerja FMEA dievaluasi untuk mengidentifikasi semua faktor risiko yang mungkin terjadi dan kemudian diambil langkah korektif. Metode ini juga cocok untuk digunakan di bagian lain untuk memberikan layanan yang lebih baik kepada pelanggan [12]. Metode FMEA digunakan untuk mengatasi masalah proses, sistem dan produk serta mencegahnya. Fokus metode ini adalah mengurangi risiko sehingga perusahaan dapat meningkatkan produktivitas dan kepuasan pelanggan. FMEA bisa digunakan dalam pengembangan produk atau desain produk, tetapi metode FMEA masih memberikan manfaat jika digunakan dalam suatu proses atau produk [13]. FMEA memberikan alat untuk mencari masalah utama dengan cara pemberian skor. FMEA membutuhkan beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat keparahan, kemunculan dan kemampuan mendeteksi. Dari ketiga faktor ini, nilai prioritas risiko (RPN) kemudian ditentukan. Berdasarkan nilai RPN, saran untuk perbaikan dari sumber utama masalah diusulkan untuk mengurangi risiko kesalahan yang akan terjadi dan menyebabkan kerugian bagi perusahaan dalam kualitas, keuangan dan waktu [14]. Metode FMEA dipilih karena dapat digunakan untuk memprioritaskan risiko dan mendorong efektivitas kegiatan pengendalian [15].

Metodologi

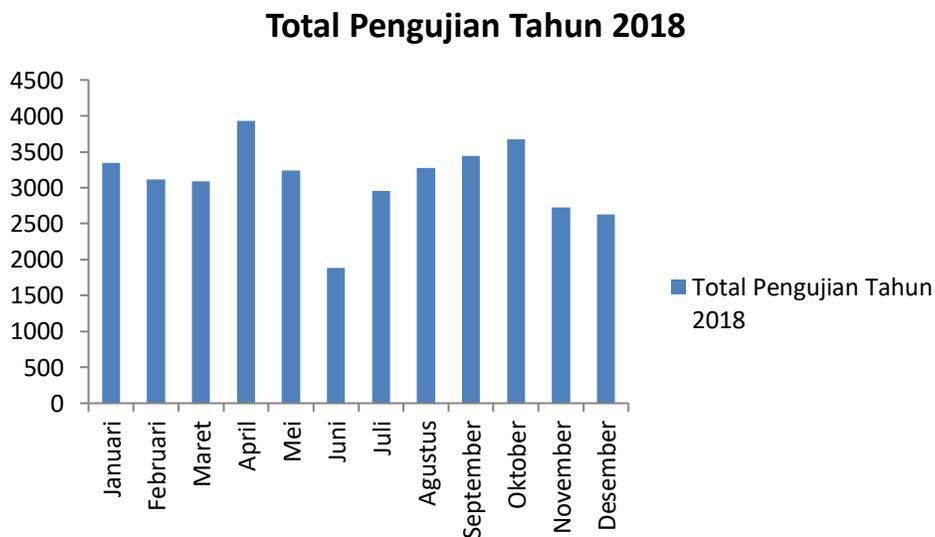
Penelitian ini merupakan studi kasus di salah satu laboratorium pengujian tekstil di Indonesia. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung, observasi rekaman, dan *Focus Group Discussion* (FGD). 2 pengawas laboratorium dan 1 analis

senior dilibatkan dalam penelitian ini sebagai *expert*. Penelitian dilakukan dengan memeriksa alur kerja di laboratorium, lalu memeriksa data dari pengujian total, pengujian ulang, dan sumber kesalahan pengujian ulang. Parameter uji yang memiliki tingkat pengujian ulang tertinggi dijadikan prioritas dengan peningkatan. Mode yang ditentukan diberikan dan diberi peringkat dengan nilai 1-10 dengan tingkat

keparahan (S), frekuensi kemunculan (O) dan probabilitas kegagalan yang tidak dapat diubah (D). kemudian, Nomor Prioritas Risiko ditentukan. Risk Priority Number (RPN) ditemukan dengan penggandaan tingkat keparahan, kejadian dan nilai deteksi ($RPN = S \times O \times D$). Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula kebutuhan untuk mengambil tindakan [9].

Hasil dan Pembahasan

Data jumlah dikumpulkan berdasarkan banyaknya pengujian contoh uji per-bulan per-parameter selama tahun 2018. Dari data 3 tahun terakhir, biasanya puncak dari load analisis terjadi 2 bulan sebelum hari raya idul fitri dikarenakan pabrik tekstil di Indonesia mengejar produksi untuk persiapan liburan hari raya Idul fitri.



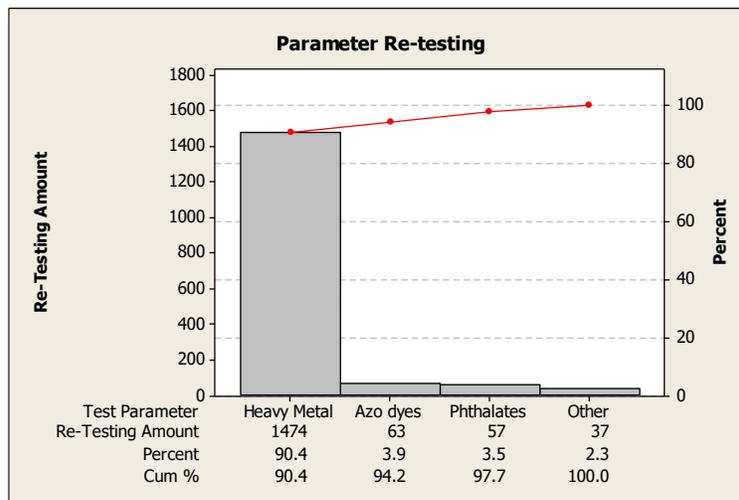
Gambar 1. Diagram Total Testing 2018

Hasil pengujian ulang berdasarkan parameter uji diproses dan difokuskan pada parameter uji yang terjadi sebagian besar pengujian ulang menggunakan diagram Pareto sehingga memudahkan untuk menganalisis akar masalah pada masalah terbesar yang terjadi. yang ditunjukkan di bawah ini adalah parameter pengujian yang memiliki masalah pengujian ulang.

Tabel 1. Total pengujian dan Pengujian Ulang 2018

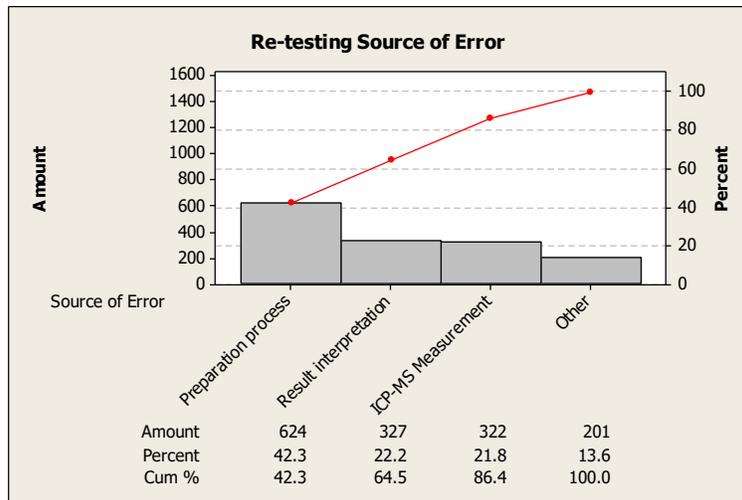
No.	Parameter Uji	Jumlah Pengujian	Jumlah Pengujian Ulang	Pengujian Ulang (%)
1	DMFu	114	0	0.00
2	Organotin	69	0	0.00
3	PBB-PBDE	1317	0	0.00
4	Phthalates	3489	57	1.63
5	Azo dyes	4024	63	1.57
6	PFOS & PFOA	129	0	0.00
7	Disperse dyes	189	5	2.65
9	APEO (NPEO, OPEO)	733	16	2.18
10	Bisphenol A	15	1	6.67
12	<i>Heavy Metal</i>	25782	1474	5.72
13	Chromium VI	1440	15	1.04
Total		37301	1631	4.37

(Sumber: data internal IUS)



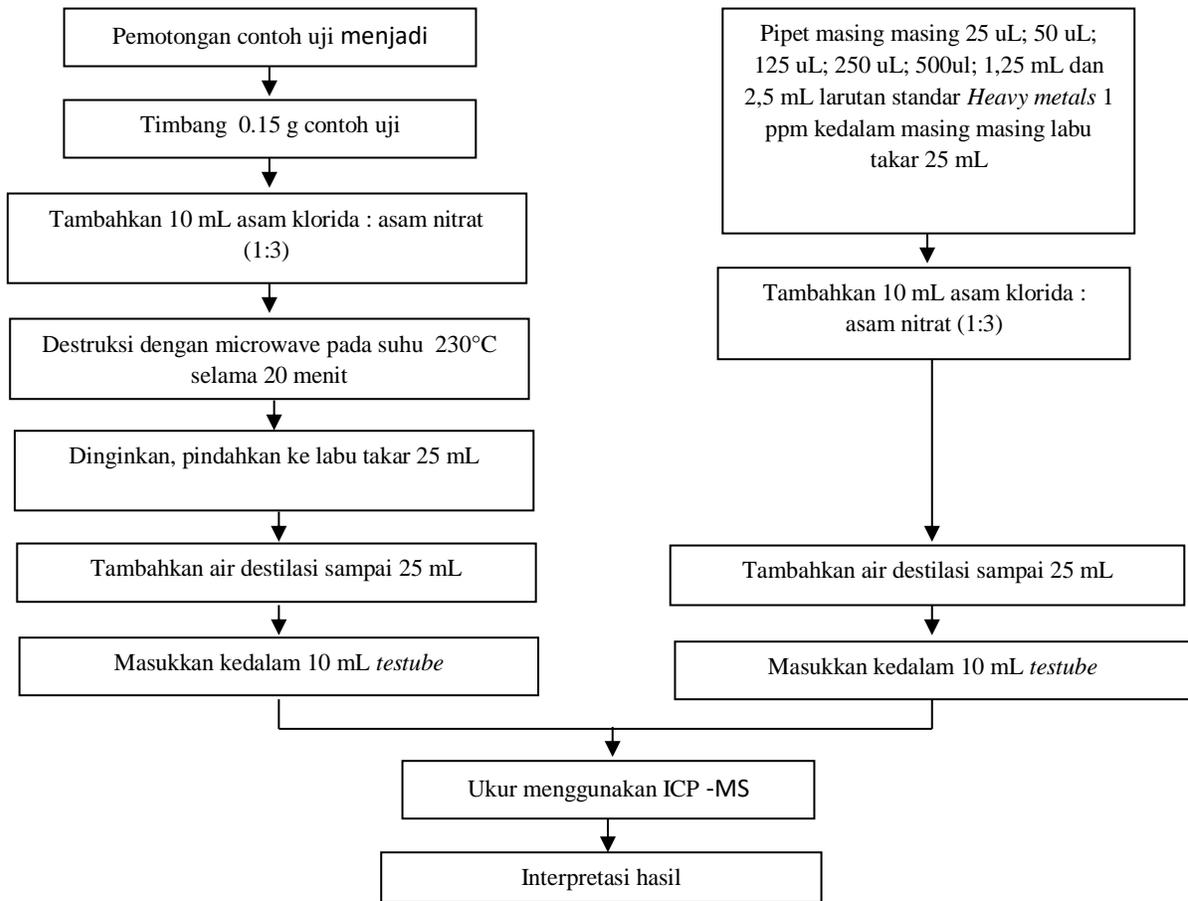
Gambar 2. Pareto Chart Parameter Pengujian Ulang

Kemudian, dari data pengujian ulang untuk parameter logam berat, tim laboratorium melakukan *breakdown* data pengujian ulang berdasarkan kesalahan yang menyebabkan pengujian ulang terjadi sehingga sumber terbesar pengujian ulang dapat ditemukan. Data disajikan dalam gambar di bawah ini.



Picture 3. Pareto Chart Sumber Kesalahan Pengujian Ulang

Dari diagram Pareto di atas, dapat disimpulkan bahwa ada tiga penyebab utama pengujian ulang pada pengujian logam berat, yaitu kesalahan dalam proses persiapan, proses pengukuran ICP-MS, dan proses interpretasi hasil. Untuk penyebab lain seperti kesalahan penyortiran komponen, tidak berkontribusi signifikan sebagai penyebab pengujian ulang. Maka, penyebab ini dapat diabaikan. Sebenarnya, logam berat dalam produk tekstil dapat terkontaminasi atau sengaja ditambahkan. Alat bantu pembuatan tekstil seperti pewarna, cat, sablon, tinta cetak sering menggunakan logam berat untuk membentuk pigmen. Analisis logam berat dilakukan dengan menghancurkan sampel uji menggunakan asam pekat dengan suhu tinggi. Solusi sampel dianalisis menggunakan ICP MS. Mengikuti analisis diagram alir parameter logam berat.



Gambar 4. Diagram Alir Proses Pengujian *Heavy Metal*

Focus Group Discussion (FGD) dilakukan oleh supervisor dan analis senior untuk menentukan nilai *Severity*, *Occurrence* and *Detection* (SOD) dari masing-masing masalah akar dan selanjutnya ditetapkan nilai RPN. Dari nilai RPN, prioritas tindakan korektif yang akan diambil ditentukan berdasarkan nilai RPN tertinggi. Dari nilai RPN, ditentukan prioritas tindakan perbaikan yang harus dilakukan yang diambil berdasarkan nilai RPN tertinggi. Penilaian *Severity*, *Occurrence* dan *Detection* diberikan dengan skala 1 – 10 dimana semakin besar nilainya akan semakin beresiko. Pelaksanaan rencana perbaikan dilakukan untuk mode kegagalan yang mempunyai RPN diatas 200. Berikut adalah tabel FMEA Proses Pengujian *Heavy Metal*.

Tabel 2. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Proses Pengujian Heavy Metal*

Proses	Sumber kegagalan	Potensi mode kegagalan	Potensi efek dari kegagalan	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Rekomendasi	
Preparasi Contoh Uji	Pemotongan contoh uji menjadi lebih kecil	Pemotongan sampel uji lebih besar dari 1 mm ²	Contoh uji sulit larut sempurna pada saat tahap <i>digestion</i> .	3	3	1	9	Analisis harus memperhatikan contoh uji apakah sudah sesuai dengan kriteria atau belum	
	penimbangan contoh uji	Contoh uji tercecer / tidak masuk semua kedalam <i>vessel</i>	Nilai konsentrasi heavy metal lebih kecil dari seharusnya.	7	1	1	7	Menggunakan spatula kecil untuk menimbang.	
		Tertukar contoh uji	hasil analisis salah		7	1	7	49	Melakukan pelabelan pada <i>vessel</i> .
	Penambahan 10 mL asam klorida : asam nitrat (1:3)	Larutan campuran asam klorida dan asam nitrat tercecer / tidak masuk semua kedalam <i>vessel</i>	efektifitas <i>digestion</i> berkurang	7	1	1	7	Analisis harus hati-hati dalam memasukkan larutan campuran asam tersebut menggunakan pipet.	
	Destruksi dengan microwave pada suhu 230°C selama 20 menit	pengoperasian alat yang tidak benar	alat menjadi rusak		9	1	1	9	1. Membuat IK untuk pengoperasian alat <i>microwave digestion</i> . 2. Pelatihan untuk analisis baru.
		Contoh uji tidak terdestruksi sempurna	Nilai konsentrasi contoh uji heavy metal lebih kecil dari seharusnya.		7	3	3	63	1. Memastikan potongan contoh uji < 1 mm ² pada saat penimbangan 2. Memastikan hasil <i>digest</i> sempurna.
	Didinginkan dan dipindahkan ke labu takar 25 mL	Larutan contoh uji tercecer / tidak masuk semua kedalam <i>vessel</i>	Nilai konsentrasi contoh uji heavy metal lebih kecil dari seharusnya.		7	2	1	14	Menggunakan bantuan corong untuk memasukkan larutan contoh uji.
	Tambahkan air destilasi sampai 25 mL, di homogenkan	larutan contoh uji lupa dihomogenkan	Nilai konsentrasi contoh uji heavy metal lebih kecil / besar dari seharusnya.		8	1	7	56	Memastikan kompetensi analisis sebelum melakukan analisis.
Masukkan kedalam <i>test tube</i> 10 mL	<i>Test tube</i> terkontaminasi	Hasil analisis salah		7	1	10	70	Melakukan pelabelan pada <i>test tube</i> .	

Proses	Sumber kegagalan	Potensi mode kegagalan	Potensi efek dari kegagalan	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Rekomendasi
Preparasi Contoh Uji	Memipet masing masing 25 uL; 50 uL; 125 uL; 250 uL; 500ul; 1,25 mL dan 2,5 mL larutan standar Heavy metals 1 ppm kedalam masing masing labu takar 25 mL	Salah dalam volume pemipetan	Hasil analisis salah	8	5	7	280	1. Memastikan kompetensi analis dalam melakukan pemipetan. 2. Membuat logbook pembuatan standar untuk memastikan volume pemipetan.
		Larutan standar tertukar	Hasil analisis salah	5	1	7	35	Melakukan pelabelan pada labu takar.
	Menambahkan 10 mL asam klorida : asam nitrat (1:3)	10 mL asam klorida : asam nitrat (1:3) lupa ditambahkan	Berpengaruh pada hasil analisis	2	1	1	2	Analisis harus hati-hati dalam memasukkan larutan campuran asam tersebut menggunakan pipet.
Pengukuran dengan menggunakan ICP-MS	Menambahkan air destilasi sampai 25 mL, di homogenkan Masukkan kedalam <i>test tube</i> 10 mL	larutan standar uji lupa dihomogenkan	Kurva kalibrasi tidak bisa digunakan sebagai perhitungan.	8	1	7	56	Memastikan kompetensi analis sebelum melakukan analisis.
		<i>Test tube</i> terkontaminasi	Hasil analisis salah	7	1	10	70	Melakukan pelabelan pada <i>test tube</i> .
	Warming-up instrumen ICP MS selama 15 menit	Analisis melakukan <i>shortcut pada</i> langkah <i>warming-up</i>	Sinyal pembacaan tidak stabil	6	1	3	18	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Kontrol dari senior analis
	Melakukan pengecekan kondisi instrumen	Analisis tidak melakukan pengecekan kondisi instrumen dengan benar	sinyal pembacaan internal standar, contoh uji dan/atau standar tidak stabil.	6	7	6	252	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Membuat IK untuk pengecekan kondisi instrumen 3. Membuat logbook untuk pengecekan kondisi instrumen 4. Kontrol dari senior analis
	Meletakkan larutan kurva kalibrasi dan contoh uji pada auto sampler	Kesalahan meletakkan urutan tempat larutan contoh uji / larutan kurva kalibrasi.	Hasil analisis salah	5	1	6	30	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Kontrol dari senior analis
Memprogram instrument ICP-MS	Kesalahan pemrograman letak urutan larutan contoh uji/larutan kurva kalibrasi	Hasil analisis salah	5	1	6	30	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Kontrol dari senior analis	

Proses	Sumber kegagalan	Potensi mode kegagalan	Potensi efek dari kegagalan	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Rekomendasi
Pengukuran dengan menggunakan ICP-MS	Memprogram instrument ICP-MS	Kesalahan pemrograman metode analisa	Hasil analisis salah	6	2	3	36	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Kontrol dari senior analis
	Kurva kalibrasi di <i>running</i>	Tidak ada potensi mode kegagalan	Tidak ada potensi efek dari kegagalan	1	1	1	1	Tidak ada rekomendasi
	Contoh uji di <i>running</i>	Tidak ada potensi mode kegagalan	Tidak ada potensi efek dari kegagalan	1	1	1	1	Tidak ada rekomendasi
	Mematikan alat instrument	Kesalahan prosedur dalam mematikan alat instrumen	Alat instrumen rusak	9	1	1	9	Memastikan kompetensi analis
Interpretasi hasil	Pengecekan kurva kalibrasi	Kurva kalibrasi tidak memiliki r lebih dari 0.995	Hasil uji tidak valid	6	8	2	96	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Memastikan kondisi alat instrumen baik
		Adanya konsentrasi larutan contoh uji yang diluar rentang kurva kalibrasi	Hasil uji tidak valid	5	10	7	350	1. Penggunaan hasil screening XRF untuk menentukan perkiraan pengenceran larutan contoh uji. 2. Pelatihan analis untuk perhitungan perkiraan pengenceran.
	Pengecekan blanko uji	Adanya kontaminasi dari blanko uji	Hasil uji tidak valid	5	1	10	50	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Memastikan kondisi alat instrumen baik. 3. memastikan tidak ada kontaminasi dari peralatan preparasi
	Pengecekan perolehan kembali (% recovery)	Hasil <i>recovery</i> tidak diantara 85-115 %	Hasil uji tidak valid	8	1	10	80	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Memastikan kondisi alat instrumen baik. 3. memastikan pembuatan larutan uji <i>recovery</i> benar.
	Pengecekan internal standar	Hasil Internal standar diantara 80-120 %	Hasil uji tidak valid	5	4	3	60	1. Memastikan kompetensi analis. 2. Memastikan kondisi alat instrumen baik.
	Kalkulasi hasil pengukuran instrumen ICP-MS	kesalahan dalam kalkulasi hasil	Hasil analisis salah	4	1	3	12	1. Memastikan kompetensi senior analis dalam kalkulasi. 2. Senior Analis memastikan rumus perhitungan benar

Dari studi tim laboratorium tempat penelitian dilakukan, nilai RPN tertinggi adalah 350. Mode kegagalan adalah konsentrasi larutan sampel uji di luar kisaran kurva kalibrasi. Alasannya adalah analisis tidak merujuk pada hasil *screening* untuk memperkirakan pengenceran yang harus dilakukan. Kemudian, nilai RPN tinggi berikutnya adalah mode kegagalan dalam membuat larutan standar kurva kalibrasi. Nilai RPN yang diperoleh adalah 280. Teknik memipet menjadi masalah utama yang menyebabkan kesalahan dalam mode kegagalan ini. Selain itu, dalam beberapa kasus ada kesalahan ketika mengambil volume larutan stok standar sehingga hasil kurva kalibrasi tidak linier. Mode kegagalan yang juga cukup tinggi adalah pengecekan kinerja instrumen ICP-MS sebelum digunakan untuk membaca solusi sampel uji tidak baik. Nilai RPN untuk mode kegagalan ini adalah 252. Mode kegagalan ini kemungkinan karena kompetensi analisis dalam melakukan langkah-langkah kerja untuk memeriksa unjuk kerja alat kurang baik. Selain itu, instruksi kerja terkait dengan pengecekan instrumen ICP-MS belum dibuat.

Setelah mengevaluasi, rancangan tindakan korektif dibuat. Namun, tidak semua tindakan korektif yang diusulkan, diambil. Tindakan korektif yang diusulkan dilakukan hanya untuk mode kegagalan dengan nilai RPN lebih dari 200. Tindakan korektif yang diambil adalah memastikan kompetensi dengan memberikan pelatihan, menjadikan logbook sebagai pengontrol mandiri bagi analisis dalam membuat kurva kalibrasi dan sebagai alat penelusuran. Selain itu, instruksi kerja perawatan dan pengoperasian instrumen harus dibuat. Data *screening* XRF dapat digunakan sebagai tindakan korektif. Data *screening* digunakan sebagai referensi untuk memperkirakan pengenceran larutan sampel uji. Estimasi yang akurat akan mengurangi jumlah pengukuran ulang pada alat instrumentasi ICP-MS

Tabel 3. Usulan Perbaikan untuk Menurunkan Angka Pengujian Ulang

No.	Proses	Sumber kegagalan	Potensi mode kegagalan	usulan perbaikan
1	Preparasi Contoh Uji	Memipet masing masing 25 uL; 50 uL; 125 uL; 250 uL; 500uL; 1,25 mL dan 2,5 mL larutan standar Heavy metals 1 ppm kedalam masing masing labu takar 25 mL	Salah dalam volume pemipetan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan kompetensi analisis dalam melakukan pemipetan. 2. Membuat logbook pembuatan standar untuk memastikan volume pemipetan

No.	Proses	Sumber kegagalan	Potensi mode kegagalan	usulan perbaikan
2	Pengukuran dengan menggunakan ICP-MS	Melakukan pengecekan kondisi instrument	Analisis tidak melakukan pengecekan kondisi instrument dengan benar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memastikan kompetensi analis. 2. Membuat IK untuk pengecekan kondisi instrumen 3. Membuat logbook untuk pengecekan kondisi instrumen 4. Kontrol dari senior analis
3	Interpretasi hasil	Pengecekan kurva kalibrasi	Adanya konsentrasi larutan contoh uji yang diluar rentang kurva kalibrasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan hasil screening XRF untuk menentukan perkiraan pengenceran larutan contoh uji. 2. Pelatihan analis untuk perhitungan perkiraan pengenceran.

Penulis selama Februari dan Maret 2020 mengambil data dari jumlah sampel uji logam berat yang dilakukan dan pengujian ulang yang terjadi untuk parameter uji ini. Dari data ini, persentase hasil pengujian ulang yang diperoleh dari total pengujian adalah 1,02%. Berikut ini adalah data pengujian untuk Februari dan Maret 2020 setelah tindakan korektif diambil.

Tabel 4. Total Pengujian dan Pengujian Ulang *Heavy Metal*

<i>Heavy metal</i>	Bulan (2020)		Total
	Februari	Maret	
Pengujian	1823	1799	3622
Pengujian ulang	17	20	37

Beberapa studi dari jurnal sebelumnya, seperti hasil penelitian Jiang, et.al, menyatakan bahwa tidak ada mode kegagalan risiko tinggi ($RPN \geq 200$) yang diidentifikasi dalam fase analisis laboratorium. Ini terjadi karena kontrol ketat telah dilakukan dan prosedur operasional telah dilaksanakan untuk mengurangi terjadinya kesalahan [12]. Van Leuween, et. Al. mengatakan dalam makalah mereka bahwa mode kegagalan tertinggi dalam analisis kimia adalah kurangnya kompetensi analis. Dengan demikian, disimpulkan secara luas bahwa faktor manusia adalah faktor paling penting dalam pengujian kimia [15]. Dalam penelitian ini, penyebab utama yang ditemukan adalah kurangnya kompetensi analis dan tidak ada prosedur operasional untuk beberapa langkah proses.

Kesimpulan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengusulkan perbaikan dalam proses pengujian untuk mengurangi jumlah sampel pengujian ulang di laboratorium. Dengan menggunakan diagram Pareto, sumber kesalahan utama ditentukan, termasuk: Persiapan Sampel Uji, Pengukuran instrumen instrumen, dan nilai Uji di luar rentang kurva kalibrasi. Dengan menggunakan metode FMEA, akar utama masalah ditentukan dari kurangnya kompetensi personel, kurangnya pengendalian dari atasan dan ada beberapa prosedur operasional yang belum dibuat. Dari hasil perbaikan, data yang diambil pada bulan Februari – Maret 2020 menunjukkan ada penurunan persentase pengujian ulang untuk pengujian heavy metal dari 5.72% sebelum dilakukan perbaikan menjadi 1.02% setelah dilakukan perbaikan.

Daftar Pustaka

- [1] B. G. Hwang, S. R. Thomas, C. T. Haas, and C. H. Caldas, "Measuring the impact of rework on construction cost performance," *J. Constr. Eng. Manag.*, 2009.
- [2] G. Lippi *et al.*, "Effectiveness of a computerized alert system based on re-testing intervals for limiting the inappropriateness of laboratory test requests," *Clin. Biochem.*, 2015.
- [3] R. C. Hawkins, "Potentially inappropriate repeat laboratory testing in inpatients [16]," *Clinical Chemistry*. 2006.
- [4] A. P. Huissoon and S. A. Carlton, "Unnecessary repeat requesting of tests in a university teaching hospital immunology laboratory: An audit [2]," *Journal of Clinical Pathology*. 2002.
- [5] P. Carrano and M. Plebani, "Process control reduces the laboratory turnaround time [2]," *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 2002.
- [6] P. E. D. Love, D. J. Edwards, J. Smith, and D. H. T. Walker, "Divergence or congruence? A path model of rework for building and civil engineering projects," *J. Perform. Constr. Facil.*, 2009.
- [7] W. K. Chong and S. P. Low, "Assessment of defects at construction and occupancy stages," *J. Perform. Constr. Facil.*, 2005.
- [8] S. Woodhouse, B. Burney, and K. Coste, "To err is human: Improving patient safety through failure mode and effect analysis," *Clinical Leadership and Management Review*. 2004.
- [9] H. Hasbullah, M. Kholil, and D. A. Santoso, "ANALISIS KEGAGALAN PROSES INSULASI PADA PRODUKSI AUTOMOTIVE WIRES (AW) DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) PADA PT JLC," *SINERGI*, 2017.
- [10] M. L. Chiozza and C. Ponzetti, "FMEA: A model for reducing medical errors," *Clin. Chim. Acta*, 2009.
- [11] M. Capunzo, P. Cavallo, G. Boccia, L. Brunetti, and S. Pizzuti, "A FMEA clinical laboratory case study: How to

- make problems and improvements measurable,” *Clin. Leadersh. Manag. Rev.*, 2004.
- [12] Y. Jiang, H. Jiang, S. Ding, and Q. Liu, “Application of failure mode and effects analysis in a clinical chemistry laboratory,” *Clin. Chim. Acta*, 2015.
- [13] G. P. Putra and H. H. Purba, “Failure mode and effect analysis on power plant boiler,” *J. Optim. Ind. Eng.*, 2018.
- [14] R. Thakore, R. Dave, and T. Parsana, “A Case Study: A process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Bearing Manufacturing Industry,” *Sch. J. Eng. Technol.*, 2015.
- [15] J. F. van Leeuwen *et al.*, “Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation,” *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 2009.