
IMPLEMENTASI UJI BANDING ANTAR LABORATORIUM DAN ANALISA DIAGRAM *FISHBONE* PADA PARAMETER MEKANIS BAJA TULANGAN BETON SNI 2052:2017

Implementation of Inter-Laboratory Comparison Test and Fishbone Diagram Analysis in Mechanical Properties of Steel Deformed Bar SNI 2052:2017

Mislan¹, Riki Efendi², Ahmed Syukri², Hernadewita², Dedy Khaerudin¹

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Bangsa, Jl. Raya Serang – Jakarta, KM 03 No. 1B, Penancangan, Cipocok Jaya, Kota Serang, Banten 42124

²Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan, Kebon Jeruk – Jakarta Barat, DKI Jakarta 10650
e-mail: mislan@binabangsa.ac.id

Diterima: 25 oktober 2023, Direvisi: 6 agustus 2024, Disetujui: 18 November 2024

Abstrak

Salah satu langkah mewujudkan hasil uji yang akurat untuk laboratorium pengujian mekanis baja tulangan beton SNI 2052:2017 adalah melalui partisipasi uji profisiensi, namun keterbatasan pengadaan uji profisiensi menjadikan uji banding antar laboratorium sebagai opsi alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kinerja laboratorium dengan mengimplementasikan uji banding antar laboratorium dan melakukan analisa akar masalah dari hasil evaluasi *outlier* serta memberikan usulan perbaikan. Penelitian ini menggunakan metode SNI ISO 13528:2022 untuk uji homogenitas, stabilitas sampel, dan analisa statistik *Z-score* untuk menilai kinerja laboratorium. Hasil analisa diperoleh 8 laboratorium dengan kinerja *satisfactory* untuk semua parameter uji, 3 laboratorium berkategori *warning* yaitu laboratorium A4 untuk kuat luluh DB 13 mm, laboratorium A5 untuk kuat luluh DB 13 mm, A7 untuk kuat luluh DB 19 mm, dan 1 laboratorium kategori *outlier* yaitu laboratorium A7 untuk kuat Tarik DB 13 mm. Hasil analisa diagram *fishbone* dari laboratorium *outlier* adalah personil laboratorium perlu pelatihan tambahan, pemantauan rutin terhadap akurasi mesin tidak berjalan, maintenance mesin dan pengecekan kondisi grip tidak berjalan dengan baik serta belum adanya prosedur pengecekan mesin uji menggunakan sampel referensi/acuan. Usulan perbaikan untuk laboratorium *outlier* adalah pelatihan bagi personil dan pemantauan kerja personil, pengecekan dan pengawasan akurasi mesin secara disiplin serta pembuatan jadwal perawatan seperti pengecekan kondisi grip, kemudian pembuatan prosedur pemastian kondisi mesin uji melalui uji sampel referensi/acuan, serta pelatihan metode uji dan pemantauan terhadap pelaksanaan prosedur.

Kata kunci: uji banding antar laboratorium, diagram *fishbone*, baja tulangan beton SNI 2052:2017, *Z-score*.

Abstract

One step to achieve accurate test results for mechanical testing laboratories of SNI 2052:2017 steel deformed bar is a participation through proficiency test, however, limitations in providing proficiency tests make inter-laboratory comparison tests an alternative option. The aim of this research is to implement inter-laboratory comparison tests and provide suggestions for improving performance through fishbone diagram analysis. Homogeneity tests, stability tests based on ISO 13528:2022, and Z-score statistical analyses were used in this research. The results of the inter-laboratory test were the acquisition of Z-score values in the warning category for 2 participants in the yield strength parameter of DB 13 mm, 1 participant in DB 19 mm, and 1 participant in the outlier category for the tensile strength parameter of the DB 13 mm sample size. Proposed improvements for outlier laboratories are training for personnel and monitoring personnel work, checking and monitoring machine accuracy in a disciplined manner and making maintenance schedules such as checking grip conditions, then making procedures for ensuring the condition of the test machine through reference sample tests, as well as training on test methods and monitoring the implementation of procedures.

Key words: *inter-laboratory comparison test, fishbone diagram, SNI 2052:2017 steel deformed bar, Z-score.*

1. PENDAHULUAN

Salah satu langkah untuk mewujudkan hasil uji yang akurat dari suatu laboratorium pengujian adalah dengan melakukan suatu perbandingan

hasil dengan laboratorium pengujian lainnya yang sejenis. Hal ini dapat dilakukan dengan berpartisipasi dalam uji profisiensi atau dapat juga melalui keikutsertaan dalam uji banding antar laboratorium sesuai klausul 7.7.2 SNI

ISO/ IEC 17025:2017 (Badan Standardisasi Nasional, 2018).

Perbedaan utama antara uji profisiensi dan uji banding antar laboratorium terletak pada penyelenggara kegiatan tersebut, dimana uji profisiensi hanya dapat diselenggarakan oleh organisasi yang telah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) dalam penerapan sistem yang mengacu pada SNI ISO/IEC 17043:2023 (Badan Standardisasi Nasional, 2023).

Suatu laboratorium dapat menggantikan uji profisiensi dengan uji banding antar laboratorium jika terdapat kendala dalam keikutsertaannya (Komite Akreditasi Nasional, 2022). Kendala ini umumnya berkaitan dengan terbatasnya penyelenggara uji profisiensi diruang lingkup tertentu, tidak selalu tersedianya penyelenggaraan uji profisiensi disuatu ruang lingkup atau kendala biaya (Bila et al., 2023; Faridah et al., 2018) atau aspek lainnya seperti material, peralatan, metode dan manusia (Oktari et al., 2023). Hal ini termasuk uji profisiensi untuk ruang lingkup pengujian mekanis produk baja tulangan beton. Saat ini, penyelenggara uji profisiensi dengan lingkup uji mekanis baja tulangan beton di Indonesia hanya tersedia pada satu lembaga yaitu Balai Besar Standardisasi Dan Pelayanan Jasa Industri Bahan Dan Barang Teknik (BBSPJIBBT), dengan frekuensi penyelenggaraan yang masih minim yaitu satu kali per tahun (BBSPJIBBT, 2023). Oleh karenanya, pemilihan uji banding antar laboratorium sebagai alternatif opsi menjadi penting bagi laboratorium dalam mewujudkan hasil uji yang lebih baik.

Perbandingan hasil melalui uji profisiensi maupun uji banding antar laboratorium menggunakan suatu nilai yang dijadikan suatu acuan dalam analisa hasil uji peserta. Hasil uji peserta akan dibandingkan dengan nilai acuan sehingga dapat diperoleh gambaran sejauh apa nilai peserta menyimpang terhadap acuan tersebut (*International Organization for Standardization*, 2022). Laboratorium kemudian dapat mengambil langkah perbaikan yang kemudian menghasilkan peningkatan dalam kinerja laboratorium (Faridah et al., 2018). Hal ini telah dibuktikan dalam berbagai publikasi seperti Stang & Anderson (2013) yang melaporkan bahwa nilai acuan dalam uji profisiensi dengan sampel sub-spesialisasi mikrobiologi memberikan suatu indikator kualitas untuk peningkatan. Penelitian terkait uji profisiensi yang dilakukan oleh Suhartono & Febriyanti (2019) menggunakan nilai konsensus peserta sebagai nilai acuan dan akhirnya memberikan masukan penting pada

area pengujian sampel baja tulangan sirip yang membutuhkan peningkatan.

Saat ini, bukan hanya perhatian terkait dengan banyaknya kendala dalam mengikuti uji profisiensi untuk ruang lingkup mekanis baja tulangan beton, hal lain yang perlu mendapat perhatian lebih adalah bagaimana hasil uji banding yang tidak memuaskan (*outlier*) mendapatkan identifikasi masalah pada area yang membutuhkan peningkatan. Beberapa peneliti dibidang lain sudah mulai menerapkan metode khusus untuk identifikasi penyebab. Satyadi (2014) menggunakan *fishbone* diagram untuk mengurai akar masalah dari hasil profisiensi yang *unsuccessfull*. Aktan et al. (2020) juga menggunakan diagram *fishbone* untuk mengurai akar masalah parameter E_n yang tidak memuaskan sehingga diperoleh poin penting untuk peningkatan di area personel, pengukuran, lingkungan, dan *setup*. Oleh karena itu, dari apa yang telah dipaparkan diatas, peneliti ingin menerapkan uji banding antar laboratorium dan penggunaan diagram *fishbone* untuk laboratorium dengan ruang lingkup mekanis baja tulangan beton. Sehingga implementasi ini dapat memberikan gambaran lebih spesifik terkait area yang harus ditingkatkan pada laboratorium dengan ruang lingkup mekanis baja tulangan beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut SNI 2052:2017, Baja tulangan beton didefinisikan sebagai baja karbon atau baja paduan yang memiliki bentuk batang bundar dan permukaan polos atau ulir dan digunakan untuk penulangan beton. Baja ini diproduksi dari bahan baku billet dengan cara canai panas (*hot rolling*). Ruang lingkup uji baja tulangan beton untuk sifat mekanis diantaranya kuat luluh, kuat tarik, dan regangan. Ruang lingkup pengujian merupakan hal yang wajib dilibatkan dalam pelaksanaan suatu program perbandingan hasil (Komite Akreditasi Nasional, 2022).

Uji profisiensi diartikan sebagai evaluasi kinerja peserta terhadap kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya dengan perbandingan antar laboratorium. Sedangkan perbandingan antar laboratorium didefinisikan sebagai organisasi, kinerja dan evaluasi pengukuran atau pengujian pada item yang sama atau serupa oleh dua atau lebih laboratorium sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Uji profisiensi dan uji banding antar laboratorium merupakan kunci penting dalam memastikan keabsahan hasil uji secara eksternal (Badan Standardisasi Nasional, 2018).

Pelaksanaan uji profisiensi dapat digantikan dengan uji banding antar laboratorium jika terdapat kendala dalam mengikutinya (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Pelaksanaan uji banding antar laboratorium oleh suatu laboratorium setidaknya diikuti oleh 1 laboratorium lain yang telah terakreditasi oleh KAN serta laboratorium penguji harus dapat menunjukkan rencana, nilai acuan yang digunakan, instruksi peserta, metode pengolahan statistik hasil, dan evaluasi kinerja dari pelaksanaan uji banding. Pemilihan nilai acuan dengan mempertimbangkan beberapa faktor-faktor seperti nilai acuan sertifikat, nilai dari laboratorium acuan atau nilai konsensus peserta (Komite Akreditasi Nasional, 2022).

Jika suatu hasil uji banding antar laboratorium atau uji profisiensi menunjukkan hasil yang tidak memuaskan (*outlier*), laboratorium harus segera melakukan investigasi untuk meninjau kompetensi teknis dan sistem mutu laboratorium. Laboratorium harus menganalisis akar masalah, mengambil tindakan korektif yang sesuai dan menyimpan bukti rekaman tindakan yang dilakukan. KAN akan memverifikasi efektifitas tindakan korektif yang dilakukan oleh laboratorium pada saat kunjungan KAN (Komite Akreditasi Nasional, 2022). Analisis akar masalah dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti analisa 5 *whys* dan diagram *Fishbone* (Patnaik, 2021).

Diagram *Fishbone* atau *Cause-and-Effect Diagram* atau Diagram Ishikawa digunakan untuk menganalisis faktor penyebab dan terjadinya ketidaksesuaian yang dapat bersumber dari kategori-kategori sebagai berikut (Soemohadiwidjojo, 2017):

- a. *Men/People*: sumber daya manusia yang terlibat dalam proses.
- b. *Method*: bagaimana proses dilaksanakan dan persyaratan spesifik apa saja yang dibutuhkan.
- c. *Machine*: seluruh peralatan dan perangkat yang dibutuhkan untuk proses.
- d. *Material*: bahan mentah, bahan baku dan bahan-bahan lainnya yang digunakan sebagai input proses.
- e. *Measurement*: data terkait kuantitas atau kualitas kerja yang diperoleh dari proses yang digunakan untuk mengevaluasi mutu serta teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data.
- f. *Environment*: kondisi seperti lokasi, waktu, suhu, dan budaya dimada proses beroperasi.

Implementasi diagram *fishbone* telah banyak digunakan diberbagai bidang dan diantaranya telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian seperti (Kholil, 2023) dan (Mislán & Purba, 2020).

3. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan uji banding antar laboratorium dilakukan berdasarkan ketentuan dalam Kebijakan Uji Profisiensi (Komite Akreditasi Nasional, 2022) dengan jumlah laboratorium sebanyak 11 peserta dengan 5 diantaranya merupakan laboratorium yang telah terakreditasi oleh KAN. Sampel uji banding berupa produk baja tulangan beton sirip dengan nominal diameter 13 mm dan 19 mm yang berasal dari nomor leburan dan nomor bundelan yang sama dan diproduksi menggunakan billet *blast furnace*. Baja tulangan beton dengan panjang sampel 12 m sebanyak 2 batang kemudian di potong sepanjang 50 cm lalu diberi penomoran. Kemudian secara acak dipilih untuk memenuhi kebutuhan uji homogenitas, uji stabilitas dan uji banding antar laboratorium.

3.1 Pengujian Homogenitas

Sampel uji banding sebelum digunakan oleh peserta terlebih dahulu dicek level homogenitasnya menggunakan kriteria ISO 13528:2022 sebagai berikut:

$$S_s < \sqrt{c} \tag{1}$$

$$c = F1\sigma^2_{allow} + F2s^2_w \tag{2}$$

Dimana:

- S_s : Estimasi deviasi standar antar-sampel.
- c : Nilai kritis dalam pengujian homogenitas.
- $F1, F2$: Nilai dari tabel statistik standar, direproduksi pada Tabel 1 untuk jumlah item uji banding yang dipilih dan dengan setiap item yang diuji dalam rangkap dua.
- σ^2_{allow} : Batas variansi yang diizinkan dalam suatu proses produksi atau manufaktur.
- s^2_w : Simpangan baku dalam sampel.

Tabel 1 Nilai faktor F1 dan F2.

gm	F1	F2
20	1.59	0.57
19	1.60	0.59
18	1.62	0.62
17	1.64	0.64
16	1.67	0.68
15	1.69	0.71
14	1.72	0.75
13	1.75	0.80
12	1.79	0.86
11	1.83	0.93
10	1.88	1.01
9	1.94	1.11
8	2.01	1.25
7	2.10	1.43

Setelah hasil uji homogenitas dinyatakan homogen, kemudian sampel dikemas untuk mencegah kerusakan pada sampel. Sampel kemudian didistribusikan ke seluruh peserta uji dan disertai dengan surat keterangan yang berisi kode nomor sampel, kriteria pengujian yang diharapkan dan ketentuan pelaporan hasil uji. Masing-masing peserta uji banding ini mendapatkan kode unik identifikasi.

3.2 Pengujian Stabilitas

Sampel baja tulangan untuk keperluan uji stabilitas secara acak dipilih dari sampel yang telah diberi nomor khusus sebelumnya. Sampel untuk uji stabilitas disimpan selama masa uji banding dilaksanakan. Sampel ditempatkan pada ruangan dengan temperatur terkontrol selama 3 bulan untuk melindungi sampel dari faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji nantinya. Hasil uji stabilitas dievaluasi menggunakan ketentuan pada SNI ISO 13528:2022 sebelum hasil uji peserta dihitung. Sampel dinyatakan stabil apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut (International Organization for Standardization, 2022):

$$|\bar{y}_1 - \bar{y}_2| \leq 0.3\sigma_{pt} \quad (3)$$

Dimana:

- \bar{y}_1 : Nilai rata-rata uji homogenitas
- \bar{y}_2 : Nilai rata-rata keseluruhan uji stabilitas
- σ_{pt} : Nilai standar deviasi profisiensi

3.3 Penentuan Standar Deviasi Profisiensi Asesmen

Standar deviasi profisiensi asesmen (σ_{pt}) sebagai nilai referensi digunakan untuk analisa data uji homogenitas dan stabilitas. Nilai referensi ini diperoleh dari nilai konsensus hasil uji program uji banding antar laboratorium penyelenggara tahun 2020. Detail nilai disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Nilai referensi σ_{pt} .

Ukuran (mm)	σ_{pt}		
	Kuat Luluh (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Regangan (%)
13	9,51	7,10	1,90
19	5,10	8,26	1,54

3.4 Penentuan Kinerja Peserta

Hasil uji peserta dianalisa secara statistik sehingga diperoleh Z-score dan kesimpulan statistiknya. Kesimpulan statistik berupa median, *normalized interquartile range* (nIQR) dan *robust* koefisien variasi (CV).

Perhitungan nilai median ($med(x)$) dari hasil uji peserta ((x)) menggunakan persamaan berikut (International Organization for Standardization, 2022):

$$med(x) = \begin{cases} x_{(p+1)/2} & ; p = \text{ganjil} \\ \frac{x_{(p/2)} + x_{(1+p/2)}}{2} & ; p = \text{genap} \end{cases} \quad (4)$$

Kemudian menghitung nilai *Normalized Interquartile Range* (nIQR) menggunakan persamaan berikut (International Organization for Standardization, 2022):

$$nIQR(x) = 0,7413[Q_3(x) - Q_1(x)] \quad (5)$$

Dimana:

- $Q_3(x)$: Nilai bagian ke 75% dari data x
- $Q_1(x)$: Nilai bagian ke 25% dari data x

Selanjutnya menghitung nilai *robust* koefisien variasi (CV) menggunakan persamaan sebagai berikut (International Organization for Standardization, 2022):

$$CV = \frac{nIQR}{Med(x)} * 100\% \quad (6)$$

Lalu akhirnya penentuan kinerja masing-masing peserta ($x(i)$) ditetapkan menggunakan *robust Z-score* (Z) sebagai berikut (Proficiency Testing Australia, 2024):

Implementasi Uji Banding Antar Laboratorium dan Analisa Diagram *Fishbone* pada Laboratorium Uji Tarik Baja Tulangan Beton Sni 2052:2017
(Mislan, Riki Efendi, Ahmed Syukril, Hernadewita)

$$Z = \frac{x(i) - nIQR}{Med(x)} \times 100\% \quad (7)$$

Nilai *Z-score* peserta kemudian diklasifikasikan sesuai ketentuan berikut (*International Organization for Standardization, 2022*):

Tabel 3 Klasifikasi *Z-score*.

Z-score	Kategori
$ Z \leq 2.0$	<i>Satisfactory</i>
$2.0 < Z < 3.0$	<i>Warning</i>
$ Z \geq 3.0$	<i>Outlier</i>

3.5 Identifikasi Penyebab dan Usulan Perbaikan

Hasil klasifikasi kinerja peserta dengan kategori *warning* maupun *outlier* kemudian diidentifikasi penyebabnya menggunakan metode diagram tulang ikan dengan memperhatikan faktor penyebab yang berasal dari beberapa faktor-faktor berikut yaitu manusia, mesin, material, metode, pengukuran, dan lingkungan. Hasil identifikasi masalah dievaluasi untuk ditemukan solusi perbaikan yang dibutuhkan yang terdiri atas tindakan koreksi dan tindakan korektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Homogenitas

Pengujian homogenitas pada sampel baja tulangan beton sirip berukuran nominal 13 mm dan 19 mm disajikan pada Tabel 3 hingga Tabel 8.

Tabel 3 Statistik Uji Homogenitas Kuat Luluh (MPa) DB 13 mm

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
459	457	458.00	1.00	2.00
469	459	464.00	25.00	50.00
472	463	467.50	20.25	40.50
462	457	459.50	6.25	12.50
471	467	469.00	4.00	8.00
465	473	469.00	16.00	32.00
469	475	472.00	9.00	18.00
470	474	472.00	4.00	8.00
471	476	473.50	6.25	12.50
466	475	470.50	20.25	40.50
Jumlah sampel, g				10
Jumlah repilkasi, m				2
Rata-rata umum, \bar{x}				467.5
Variansi sample dari rata-rata, s^2x				28.5
Variansi dalam sampel, s^2w				22.4

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
Variansi antar sampel, s_s^2				17
Std dev dari sampel rata-rata, s_x				5.339
Standar deviasi dalam sampel, s_w				4.733
Standar deviasi antar sampel, s_s				4.159
Nilai referensi σ_{pt}				9.51
Nilai σ^2allow				8.139
Nilai \sqrt{c}				6.158
Homogenitas ($s_s < \sqrt{c}$)				Homogen

Tabel 4 Statistik Uji Homogenitas Kuat Tarik (MPa) DB 13 mm.

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
605	605	605.00	0.00	0.00
613	605	609.00	16.00	32.00
614	607	610.50	12.25	24.50
606	602	604.00	4.00	8.00
616	607	611.50	20.25	40.50
613	621	617.00	16.00	32.00
616	617	616.50	0.25	0.50
618	618	618.00	0.00	0.00
617	620	618.50	2.25	4.50
616	621	618.50	6.25	12.50
Jumlah sampel, g				10
Jumlah repilkasi, m				2
Rata-rata umum, \bar{x}				612.85
Variansi sample dari rata-rata, s^2x				31.447
Variansi dalam sampel, s^2w				15.45
Variansi antar sampel, s_s^2				23.7
Std dev dari sampel rata-rata, s_x				5.608
Standar deviasi dalam sampel, s_w				3.931
Standar deviasi antar sampel, s_s				4.871
Nilai referensi σ_{pt}				7.10
Nilai σ^2allow				4.537
Nilai \sqrt{c}				4.913
Homogenitas ($s_s < \sqrt{c}$)				Homogen

Tabel 5 Statistik Uji Homogenitas Regangan (%) DB 13 mm.

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
16.4	15.9	16.15	0.06	0.12
17.6	14.6	16.10	2.25	4.50
18.2	15.4	16.80	1.96	3.92
18.0	16.6	17.30	0.49	0.98
18.0	15.0	16.50	2.25	4.50
15.6	18.7	17.15	2.40	4.81
14.4	17.1	15.75	1.82	3.65
15.0	18.6	16.80	3.24	6.48
14.8	16.3	15.55	0.56	1.13
14.7	17.0	15.85	1.32	2.65
Jumlah sampel, g				10
Jumlah repilkasi, m				2
Rata-rata umum, \bar{x}				16.395
Variansi sample dari rata-rata, s^2x				0.367

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
Variansi dalam sampel, s^2w				3.273
Variansi antar sampel, s_s^2				0
Std dev dari sampel rata-rata, s_x				0.606
Standar deviasi dalam sampel, s_w				1.809
Standar deviasi antar sampel, s_s				0
Nilai referensi σ_{pt}				1.90
Nilai σ^2allow				0.325
Nilai \sqrt{c}				1.979
Homogenitas ($s_s < \sqrt{c}$)				Homogen

Tabel 6 Statistik Uji Homogenitas Kuat Luluh (MPa) DB 19 mm.

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
456	451	453.5	6.25	12.5
455	461	458.0	9.00	18.00
453	463	458.0	25.00	50.00
460	453	456.5	12.25	24.50
455	464	459.5	20.25	40.50
462	463	462.5	0.25	0.50
460	461	460.5	0.25	0.50
462	459	460.5	2.25	4.50
460	461	460.5	0.25	0.50
460	461	460.5	0.25	0.50
Jumlah sampel, g				10
Jumlah repilkasi, m				2
Rata-rata umum, \bar{x}				459
Variansi sample dari rata-rata, s^2x				6.667
Variansi dalam sampel, s^2w				15.2
Variansi antar sampel, s_s^2				0
Std dev dari sampel rata-rata, s_x				2.582
Standar deviasi dalam sampel, s_w				3.899
Standar deviasi antar sampel, s_s				0
Nilai referensi σ_{pt}				5.1
Nilai σ^2allow				2.341
Nilai \sqrt{c}				4.444
Homogenitas ($s_s < \sqrt{c}$)				Homogen

Tabel 7 Statistik Uji Homogenitas Kuat Tarik (MPa) DB 19 mm.

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
606	600	603.00	9.00	18.00
600	603	601.50	2.25	4.50
596	605	600.50	20.25	40.50
602	598	600.00	4.00	8.00
598	606	602.00	16.00	32.00
606	604	605.00	1.00	2.00
599	604	601.50	6.25	12.50
606	601	603.50	6.25	12.50
603	602	602.50	0.25	0.50
600	604	602.00	4.00	8.00
Jumlah sampel, g				10
Jumlah repilkasi, m				2
Rata-rata umum, \bar{x}				602.15

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
Variansi sample dari rata-rata, s^2x				2.114
Variansi dalam sampel, s^2w				13.9
Variansi antar sampel, s_s^2				0
Std dev dari sampel rata-rata, s_x				1.454
Standar deviasi dalam sampel, s_w				3.722
Standar deviasi antar sampel, s_s				0
Nilai referensi σ_{pt}				8.26
Nilai σ^2allow				6.141
Nilai \sqrt{c}				25.533
Homogenitas ($s_s < \sqrt{c}$)				Homogen

Tabel 8 Statistik Uji Homogenitas Regangan (%) DB 19 mm.

Rep #1	Rep #2	\bar{x}_t	s^2t	w^2t
18.2	18.0	18.10	0.01	0.02
18.7	18.8	18.75	0.00	0.01
17.6	17.8	17.70	0.01	0.02
18.4	18.8	18.60	0.04	0.08
18.0	18.8	18.40	0.16	0.32
18.0	17.6	17.80	0.04	0.08
17.2	17.2	17.20	0.00	0.00
17.8	18.0	17.90	0.01	0.02
17.6	17.2	17.40	0.04	0.08
19.2	17.1	18.15	1.10	2.21
Jumlah sampel, g				10
Jumlah repilkasi, m				2
Rata-rata umum, \bar{x}				18
Variansi sample dari rata-rata, s^2x				0.251
Variansi dalam sampel, s^2w				0.283
Variansi antar sampel, s_s^2				0.109
Std dev dari sampel rata-rata, s_x				0.501
Standar deviasi dalam sampel, s_w				0.532
Standar deviasi antar sampel, s_s				0.330
Nilai referensi σ_{pt}				1.54
Nilai σ^2allow				0.213
Nilai \sqrt{c}				0.687
Homogenitas ($s_s < \sqrt{c}$)				Homogen

Pada Tabel 3 hingga Tabel 8, hasil uji homogenitas sampel untuk masing-masing parameter menunjukkan hasil yang memenuhi kriteria homogen sesuai dengan ISO 13528:2022. Memastikan kelayakan homogenitas sampel untuk uji banding penting untuk dilakukan karena ditujukan untuk mengidentifikasi perbedaan antar laboratorium (Albano & Caten, 2014) dan jika suatu laboratorium mempunyai hasil yang berbeda dengan laboratorium lain, maka kesalahannya disebabkan oleh metode analisisnya dan bukan karena faktor sampel tertentu (Lafargue et al., 2004). Hal penting lainnya jika sampel uji tidak memenuhi kriteria homogenitas, maka penyelenggara uji banding diharuskan untuk

Implementasi Uji Banding Antar Laboratorium dan Analisa Diagram *Fishbone* pada Laboratorium Uji Tarik Baja Tulangan Beton Sni 2052:2017
(Mislan, Riki Efendi, Ahmed Syukril, Hernadewita)

mengulangi penyiapan sampel setelah memperbaiki penyebab terjadinya ketidakhomogenan (*International Organization for Standardization*, 2022).

4.2 Hasil Pengujian Stabilitas

Pengujian stabilitas sampel baja tulangan beton dilakukan untuk memastikan kelayakan stabilitas sampel dalam kurun waktu tertentu. Hasil pengujian stabilitas sampel disajikan pada Tabel 9 hingga Tabel 14 berikut:

Tabel 9 Statistik Uji Stabilitas Kuat Luluh (MPa) DB 13 mm.

Replicate #1	Replicate #2
464	457
465	473
Rata-rata keseluruhan, y_2	464.75
Rata-rata homogenitas, y_1	467.50
Selisih nilai, $ y_1 - y_2 $	2.75
Nilai syarat ($0.3\sigma_{pt}$)	2.853
Stabilitas ($ y_1 - y_2 < 0.3\sigma_{pt}$)	Stabil

Tabel 10 Statistik Uji Stabilitas Kuat Tarik (MPa) DB 13 mm.

Replicate #1	Replicate #2
605	605
613	621
Rata-rata keseluruhan, y_2	611.00
Rata-rata homogenitas, y_1	612.85
Selisih nilai, $ y_1 - y_2 $	1.85
Nilai syarat ($0.3\sigma_{pt}$)	2.13
Stabilitas ($ y_1 - y_2 < 0.3\sigma_{pt}$)	Stabil

Tabel 11 Statistik Uji Stabilitas Regangan (%) DB 13 mm.

Replicate #1	Replicate #2
16.0	16.1
15.9	15.8
Rata-rata keseluruhan, y_2	15.950
Rata-rata homogenitas, y_1	16.395
Selisih nilai, $ y_1 - y_2 $	0.445
Nilai syarat ($0.3\sigma_{pt}$)	0.570
Stabilitas ($ y_1 - y_2 < 0.3\sigma_{pt}$)	Stabil

Tabel 12 Statistik Uji Stabilitas Kuat Luluh (MPa) DB 19 mm.

Replicate #1	Replicate #2
458	459
459	460
Rata-rata keseluruhan, y_2	459
Rata-rata homogenitas, y_1	459
Selisih nilai, $ y_1 - y_2 $	0
Nilai syarat ($0.3\sigma_{pt}$)	1.53
Stabilitas ($ y_1 - y_2 < 0.3\sigma_{pt}$)	Stabil

Tabel 13 Statistik Uji Stabilitas Kuat Tarik (MPa) DB 19 mm.

Replicate #1	Replicate #2
603	605
606	604
Rata-rata keseluruhan, y_2	604.50
Rata-rata homogenitas, y_1	602.15
Selisih nilai, $ y_1 - y_2 $	2.35
Nilai syarat ($0.3\sigma_{pt}$)	2.48
Stabilitas ($ y_1 - y_2 < 0.3\sigma_{pt}$)	Stabil

Tabel 14 Statistik Uji Stabilitas Regangan (%) DB 13 mm.

Replicate #1	Replicate #2
17.8	18.1
18.0	18.2
Rata-rata keseluruhan, y_2	18.03
Rata-rata homogenitas, y_1	18.00
Selisih nilai, $ y_1 - y_2 $	0.03
Nilai syarat ($0.3\sigma_{pt}$)	0.46
Stabilitas ($ y_1 - y_2 < 0.3\sigma_{pt}$)	Stabil

Stabilitas memberikan informasi tentang pengaruh kondisi eksternal yang dapat mempengaruhi parameter sampel seperti temperature dan transportasi. Ketidakstabilan sampel akan berdampak pada tidak layaknya hasil uji peserta untuk dianalisa kinerjanya (*International Organization for Standardization*, 2022).

Pada Tabel 9 hingga Tabel 14 menunjukkan bahwa stabilitas sampel baja tulangan beton untuk seluruh parameter menunjukkan kondisi yang stabil sesuai dengan ketentuan dalam ISO 13528:2022. Berdasarkan kesimpulan ini, maka hasil uji peserta dapat dievaluasi lebih lanjut.

4.3 Hasil Perhitungan Z-score

Hasil uji peserta dan perhitungan nilai Z-score disajikan pada Tabel 15 hingga Tabel 21.

Tabel 15 Statistik hasil uji peserta dan Z-score Kuat Luluh DB 13 mm.

Kode Peserta	Kuat Luluh (MPa)	Z-Score
A1	474.00	-0.21
A2	465.00	-1.13
A3	470.00	-0.62
A4	499.13	2.38
A5	497.00	2.16
A6	491.67	1.61
A7	482.71	0.69
A8	476.00	0.00
A9	475.00	-0.10
A10	474.14	-0.19

Kode Peserta	Kuat Luluh (MPa)	Z-Score
A11	478.79	0.29
Median		476.00
Q3		487.19
Q1		474.07
Normalized IQR		9.73
Robust CV (%)		2.04

Tabel 16 Statistik hasil uji peserta dan Z-score Kuat Tarik DB 13 mm.

Kode Peserta	Kuat Tarik (MPa)	Z-Score
A1	623.00	0.00
A2	617.00	-0.54
A3	619.00	-0.36
A4	639.61	1.51
A5	625.00	0.18
A6	643.12	1.82
A7	663.23	3.65
A8	619.00	-0.36
A9	620.00	-0.27
A10	618.04	-0.45
A11	628.16	0.47
Median		623.00
Q3		633.89
Q1		619.00
Normalized IQR		11.03
Robust CV (%)		1.77

Tabel 17 Statistik hasil uji peserta dan Z-score regangan DB 13 mm.

Kode Peserta	Regangan (%)	Z-Score
A1	16.40	0.10
A2	16.30	0.00
A3	17.30	0.96
A4	16.00	-0.29
A5	15.00	-1.25
A6	18.36	1.98
A7	14.50	-1.73
A8	17.50	1.16
A9	16.50	0.19
A10	15.50	-0.77
A11	15.50	-0.77
Median		16.30
Q3		16.90
Q1		15.50
Normalized IQR		1.04
Robust CV (%)		6.37

Pengujian terhadap sampel baja tulangan dengan ukuran 13 mm, pada Tabel 15 hingga Tabel 17, menunjukkan nilai Z-score di beberapa parameter. Pada parameter kuat luluh, terdapat 2 peserta (A4 dan A5) yang

menunjukkan hasil uji dengan kategori *warning*. Pada parameter kuat tarik, satu peserta (A7) menunjukkan kinerja dengan kategori *outlier*. Sedangkan pada parameter regangan, seluruh laboratorium masuk ke dalam kategori *satisfactory*. Menurut ISO 13528:2022, jika kategori *warning* dan *outlier* muncul, maka peserta disarankan untuk memeriksa prosedur pengukuran sesuai sinyal peringatan jika prosedur tersebut menunjukkan masalah yang muncul atau berulang (ISO 13528:2022).

Tabel 18 Statistik hasil uji peserta dan Z-score Kuat Luluh DB 19 mm.

Kode Peserta	Kuat Luluh (MPa)	Z-Score
A1	451.00	0.00
A2	460.00	1.26
A3	451.00	0.98
A4	457.34	-0.06
A5	459.00	-1.40
A6	460.75	0.73
A7	454.80	2.39
A8	454.00	0.00
A9	460.00	-0.98
A10	455.00	-0.27
A11	454.76	-0.72
Median		455.00
Q3		459.50
Q1		454.38
Normalized IQR		3.80
Robust CV (%)		0.83

Tabel 19 Statistik hasil uji peserta dan Z-score Kuat Tarik DB 19 mm.

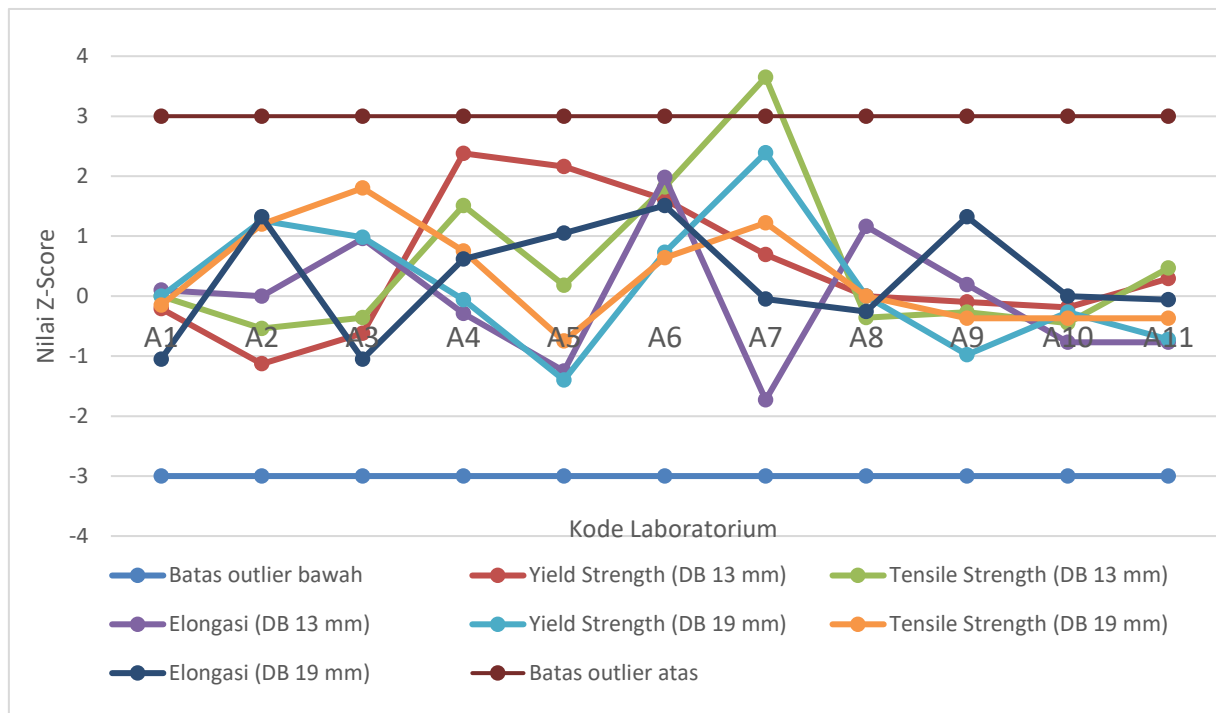
Kode Peserta	Kuat Tarik (MPa)	Z-Score
A1	610.00	-0.15
A2	619.00	1.20
A3	617.00	1.80
A4	609.59	0.75
A5	600.00	-0.75
A6	615.22	0.64
A7	627.05	1.22
A8	610.00	0.00
A9	603.00	-0.37
A10	608.05	-0.37
A11	604.89	-0.37
Median		610.00
Q3		616.11
Q1		606.47
Normalized IQR		7.15
Robust CV (%)		1.17

Tabel 20 Statistik hasil uji peserta dan Z-score regangan DB 19 mm.

Implementasi Uji Banding Antar Laboratorium dan Analisa Diagram *Fishbone* pada Laboratorium Uji Tarik Baja Tulangan Beton Sni 2052:2017
(Mislan, Riki Efendi, Ahmed Syukril, Hernadewita)

Kode Peserta	Regangan (%)	Z-Score
A1	17.80	-1.05
A2	19.60	1.32
A3	20.40	-1.05
A4	19.00	0.62
A5	17.00	1.05
A6	18.85	1.51
A7	19.63	-0.05
A8	18.00	-0.26
A9	17.50	1.32
A10	17.50	0.00
A11	17.50	-0.06
Median		18.00
Q3		19.30
Q1		17.50
Normalized IQR		1.33
Robust CV (%)		7.41

Pada Tabel 18 hingga Tabel 19, hasil uji peserta uji banding untuk sampel diameter 19 mm menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sampel diameter 13 mm sebelumnya. Kategori memuaskan ditunjukkan oleh seluruh peserta untuk parameter kuat tarik dan regangan. Kategori *warning* hanya muncul satu kali pada parameter kuat luluh yaitu pada peserta A7. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat luluh dari laboratorium tersebut memiliki nilai yang jauh dibandingkan dengan nilai peserta lainnya (Kurniawan et al., 2019). Secara keseluruhan nilai Z-score semua peserta dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Control Chart nilai Z-Score

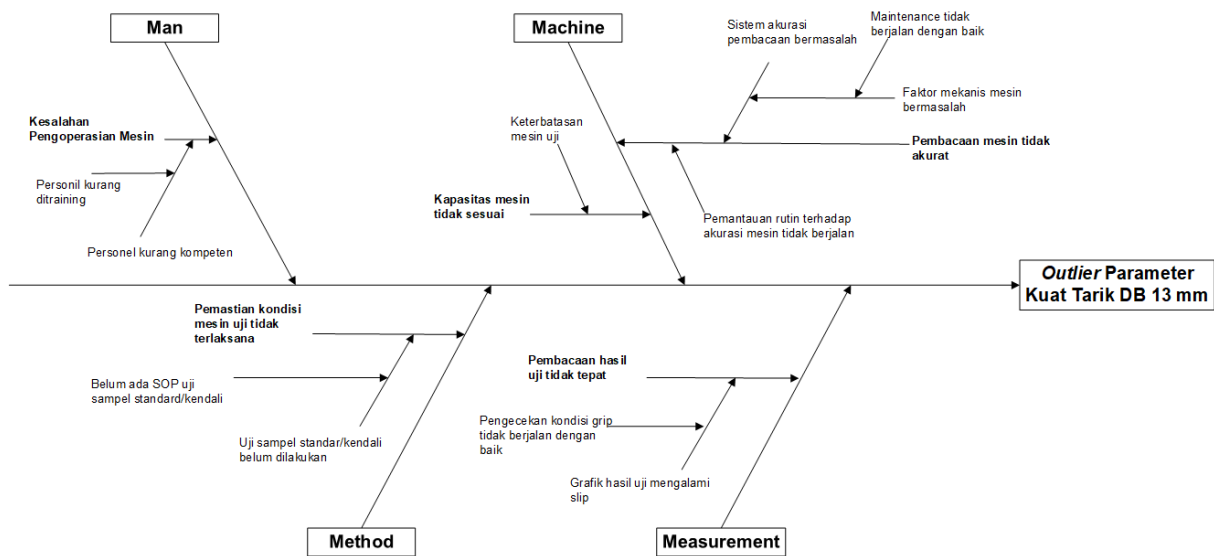
Pembahasan terkait Z-score pada bagian ini memiliki batasan berupa kontribusi ketidakpastian yang berasal dari peserta tidak diperhitungkan.

4.4 Hasil Identifikasi Penyebab dan Usulan Perbaikan

Hasil analisa nilai uji peserta menggunakan Z-score menghasilkan kategori kinerja laboratorium dan digunakan untuk evaluasi lebih lanjut, terutama kategori *outlier*. Menurut Suhartono & Febriyanti (2019), laboratorium

yang memperoleh nilai sebagai *outlier* harus segera meninjau ulang mesin serta instrument uji secara menyeluruh. Berdasarkan hasil analisa, Z-score yang muncul berasal dari peserta A7 untuk parameter kuat tarik DB 13 mm (Z-score = 3.65). Oleh karenanya, identifikasi penyebab dan usulan perbaikan menggunakan diagram *fishbone* akan didasarkan pada parameter tersebut.

Hasil identifikasi penyebab terjadinya hasil pengujian *outlier* pada parameter uji tarik DB 13 mm ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 2 Diagram *fishbone outlier* parameter kuat luluh DB 13 mm.

Berdasarkan Gambar 2, diperoleh penyebab terjadinya *outlier* pada parameter kuat tarik DB 13 mm yaitu:

a. Manusia (*Man*)

Penyebab yang muncul dari kategori manusia adalah personel yang melakukan pengujian belum memiliki pelatihan yang cukup sehingga masih kurang kompeten dalam mengoperasikan mesin uji. Hal memberikan dampak pada pembacaan hasil uji yang kurang akurat.

b. Mesin (*Machine*)

Terdapat tiga penyebab utama dari kategori mesin. Pertama, perawatan mesin uji tidak berjalan dengan baik, sehingga berpengaruh terhadap akurasi pembacaan hasil uji. Selain itu, pemantauan rutin terhadap akurasi mesin juga tidak berjalan dengan baik dan hanya mengandalkan kalibrasi eksternal saja. Kedua, keterbatasan kapasitas mesin uji tidak sesuai untuk menguji sampel tersebut sehingga menghasilkan nilai kuat tarik yang tidak sesuai. Ketiga

c. Metode (*Method*)

Adapun penyebab yang muncul terbagi atas dua jenis yaitu pertama sistem jaminan mutu internal belum dilaksanakan secara maksimal. Hal ini ditunjukkan pada belum diadakannya program-program jaminan mutu internal seperti uji banding antar analis, belum adanya SOP terkait memastikan bahwa mesin dalam kondisi yang baik digunakan seperti pengecekan hasil pembacaan mesin melalui

sampel referensi tertentu. Hal lainnya adalah kecepatan pengujian (penarikan sampel) yang belum sesuai dengan ketentuan/metode pengujian. Hal ini ditunjukkan pada kecepatan penarikan yang masih belum memenuhi ketentuan dalam SNI 8389 yaitu sebesar 3-30 MPa/detik.

d. Pengukuran (*Measurement*)

Penyebab yang muncul dari measurement adalah pengecekan kondisi grip tidak berjalan dengan baik.

Sedangkan untuk aspek material, lingkungan, dan manajemen tidak ditemukan penyebab *outlier*.

Penyebab yang telah teridentifikasi menjadi dasar usulan untuk perbaikan dan peningkatan. Rincian usulan tersebut adalah sebagai berikut:

- Memberikan pelatihan/training tambahan kepada personel serta memantau efektivitas kinerja pasca training. Hal ini membantu meningkatkan kompetensi personel. Hal ini senada dengan apa yang diusulkan oleh Oktari et al. (2023) terkait perbaikan terhadap evaluasi profisiensi yang mereka lakukan. Hal lainnya yang perlu dilakukan adalah melakukan pelatihan terkait metode uji yang sesuai serta memantau bahwa pelaksanaan prosedur telah berjalan dengan konsisten, sehingga dapat meningkatkan pembacaan hasil uji dengan lebih akurat.

Implementasi Uji Banding Antar Laboratorium dan Analisa Diagram *Fishbone* pada Laboratorium Uji Tarik Baja Tulangan Beton Sni 2052:2017
(Mislan, Riki Efendi, Ahmed Syukril, Hernadewita)

- b. Mendisiplinkan kembali aktivitas terkait pengecekan akurasi mesin uji serta mengawasi pelaksanaannya. Hal ini penting untuk dilakukan karena akurasi mesin uji dalam membaca hasil menentukan kompetensi dari suatu labrotorium (Ulfiati & Purnami, 2017). Selain itu, perlunya membuat jadwal perawatan mesin uji secara rutin agar terhindar dari kendala akurasi pembacaan hasil uji. Menurut SNI ISO/IEC 17025:2017, penting untuk memiliki prosedur pemeliharaan peralatan yang terencana dan memastikan bahwa peralatan berfungsi dengan baik.
- c. Membuat prosedur untuk memastikan kelayakan kondisi mesin sebelum digunakan untuk pengujian, khususnya pemastian kondisi mesin menggunakan sampel referensi/acuan tertentu. Dalam SNI ISO/IEC 17025:2017, prosedur terkait pemastian hasil merupakan salah satu pemenuhan wajib bagi laboratorium pengujian yang kompeten.
- d. Melakukan pengecekan terhadap kondisi grip mesin uji sebelum digunakan. Cheesman (2020) menyarankan agar dilakukan pengecekan terhadap grip diawal pengujian uji tarik.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini diperoleh nilai Z-score peserta dengan kategori *warning* sebanyak 2 peserta untuk parameter kuat luluh DB 13 mm dan 1 peserta untuk DB 19 mm. Terdapat 1 peserta dengan hasil *outlier* untuk parameter kuat tarik pada sampel ukuran DB 13 mm. Hasil analisa *outlier* menggunakan diagram *fishbone* menghasilkan usulan perbaikan berupa memberikan pelatihan tambahan terkait metode uji untuk personel serta memantau efektivitas kerjanya pasca training, mendisiplinkan pengecekan akurasi mesin, mengawasi pelaksanaan pengecekan, dan membuat jadwal perawatan mesin uji secara rutin, dan membuat prosedur untuk memastikan kelayakan mesin uji sebelum digunakan, melakukan pengecekan terhadap kondisi grip mesin uji.

Hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan bagi laboratorium pengujian mekanis baja tulangan beton lainnya dalam meningkatkan kinerja laboratorium dengan lebih memperhatikan faktor-faktor yang membutuhkan peningkatan.

Penelitian ini masih belum memperhatikan kontribusi ketidakpastian pengukuran yang mungkin timbul selama proses uji baik dari peserta maupun aspek lainnya serta analisa terkait dengan error sistematik dan random tidak dilakukan dikarenakan keterbatasan sampel. Hal ini disarankan agar dapat diperhatikan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktan, S. Ö., Bilgiç, E., Yüksel, İ. A., Sönmez, K. B., Kutay Veziroğlu, T., & Torun, T. (2020). INTERLABORATORY COMPARISON RESULTS OF VIBRATION. *ACTA IMEKO*, 9(5), 401–406. https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v9i5.1009
- Albano, F. M. de, & Caten, C. S. ten. (2014). Proficiency tests for laboratories: a systematic review. *Accreditation and Quality Assurance*, 19(4), 245–257. <https://doi.org/10.1007/s00769-014-1061-8>
- Badan Standardisasi Nasional. (2023). *SNI ISO/IEC 17043:2023 Penilaian kesesuaian - Persyaratan umum kompetensi bagi penyelenggara uji profisiensi*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standaridasi Nasional. (2018). *SNI ISO/IEC 17025:2017 Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. BSN. www.bsn.go.id
- BBSPJIBBT. (2023). *Program Uji Profisiensi Tahun 2023*. BALAI BESAR STANDARDISASI DAN PELAYANAN JASA INDUSTRI BAHAN DAN BARANG TEKNIK. <https://profites.b4t.go.id>
- Bila, E. M. S., Nurjanah, S., & Iqbal, M. (2023). *ANALISIS KEBUTUHAN UJI PROFISIENSI LABORATORIUM PENGUJIAN PANGAN TERAKREDITASI DI INDONESIA*. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/123811?show=full>
- Cheesman, T. (2020). The Devil is in the Details: Choosing a Proper Grip for Tensile Testing. *Quality*, 28–30. www.mark-10.com.
- Faridah, D. N., Erawan, D., Sutriah, K., Hadi, A., & Budantari, F. (2018). *Implementasi SNI/ISO 17025:2017 Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan*

- Laboratorium Kalibrasi (Pertama)*. Badan Standardisasi Nasional.
- International Organization for Standardization. (2022). *ISO 13528:2022 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison*. ISO.
- Kholil, M. (2023). Implementation of Lean Manufacturing for Improvement of Gas Pipe Product Quality with Six Sigma Approach and Value Stream Mapping in Oil and Gas. *International Journal of Scientific and Academic Research*, 03(06), 29–37. <https://doi.org/10.54756/ijisar.2023.v3.6.4>
- Komite Akreditasi Nasional. (2022). *KAN U-08 Rev.1 Kebijakan Uji Profisiensi*. Komite Akreditasi Nasional.
- Kurniawan, R., Sohibien, G. P. D., & Rahani, R. (2019). *Cara Mudah Belajar Statistik Analisis Data & Eksplorasi* (1st ed.). Prenada Media.
- Lafargue, M. E., Biogeaud, S., Rutledge, D. N., & Feinberg, M. H. (2004). Proficiency testing schemes: Solutions for homogeneity control. *Accreditation and Quality Assurance*, 9(6), 333–339. <https://doi.org/10.1007/s00769-003-0754-1>
- Mislan, & Purba, H. H. (2020). Quality control of steel deformed bar product using statistical quality control (SQC) and failure mode and effect analysis (FMEA). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1007(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012119>
- Oktari, Z., Masripah, Pramukti, S. R., & Fadila, M. (2023). Peningkatan Mutu Laboratorium Uji Dan Kalibrasi IBBN Melalui Uji Profisiensi / Uji Banding Sesuai Persyaratan ISO/IEC 17025:2017. *Jurnal Penjaminan Mutu*, 9(1), 17–23. <http://ojs.uhnsugriwa.ac.id/index.php/JPM>
- Patnaik, G. (2021). *Quality Assurance in Industries A Comprehensive Guide to Quality Assurance in Industries*. Notion Press.
- Proficiency Testing Australia. (2024). *GUIDE TO PROFICIENCY TESTING AUSTRALIA*. Proficiency Testing Australia.
- Satyadi, C. (2014). Improving Patient Safety: Proficiency Testing Management Utilizing Ishikawa/Fishbone Methodology and Risk Management System (RMS) in Alignment to Internal Quality Control Plan (IQCP). *American Journal of Clinical Pathology*, 142(Suppl 1), A142. <https://doi.org/10.1093/ajcp/142.suppl1.142>
- Soemohadiwidjojo, A. T. (2017). *Six Sigma Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik*. Raih Asa Sukses.
- Stang, H. L., & Anderson, N. L. (2013). Use of proficiency testing as a tool to improve quality in microbiology laboratories. *Clinical Microbiology Newsletter*, 35(18), 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.clinmicnews.2013.08.007>
- Suhartono, H. A., & Febriyanti, E. (2019). Uji Profisiensi Antar Laboratorium Uji Tarik Baja Tulangan Sirip. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 13(1), 23–30. <https://doi.org/10.29122/mipi.v13i1.1798>
- Ulfiati, R., & Purnami, T. (2017). Faktor yang Mempengaruhi Presisi dan Akurasi Data Hasil Uji dalam Menentukan Kompetensi Laboratorium. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 51(1), 49–63. <https://doi.org/10.29017/LPMGB.51.1.15>