

Teknologi gelembung halus — Karakterisasi gelembung halus — Bagian 1: Evaluasi indeks ukuran dan konsentrasi dengan metode difraksi laser

Fine bubble technology — Characterization of fine bubbles — Part 1: Evaluation of size and concentration indices by laser diffraction method

(ISO 24218-1:2023, IDT)

Pengguna dari RSNI ini diminta untuk menginformasikan adanya hak paten dalam dokumen ini, bila diketahui, serta memberikan informasi pendukung lainnya (pemilik paten, bagian yang terkena paten, alamat pemberi paten dan lain-lain)

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata.....	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Persyaratan pengujian	2
4.1 Sampel.....	2
4.2 Alat ukur.....	2
4.3 Lingkungan	2
5 Konsentrasi jumlah dan konsentrasi volume	3
5.1 Perbedaan impresi antara distribusi ukuran berbasis jumlah dan berbasis volume.....	3
5.2 Konversi antara besaran dimensi jumlah dan besaran dimensi volume.....	5
5.3 Evaluasi efek dari gelembung halus	5
6 Evaluasi	6
6.1 Pengambilan sampel dan penyiapan sampel.....	6
6.2 Prosedur gabungan penggunaan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser	6
7 Laporan pengujian.....	7
Lampiran A (informatif) Contoh penggunaan gabungan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser	8
Bibliografi	25
Tabel 1 — Rasio jumlah dari gelembung halus 1:1 terhadap rasio ukuran 1:10.....	3
Tabel 2 — Rasio volume dari gelembung halus 1:1 terhadap rasio ukuran 1:10.....	4
Gambar 1 — Contoh dari distribusi ukuran berbasis jumlah dan berbasis volume.....	4
Gambar A.1 — Pola distribusi intensitas cahaya yang tersebar	9
Gambar A.2 — Proporsi distribusi ukuran partikel dengan konsentrasi	9
Gambar A.3 — Contoh distribusi ukuran berbasis volume sebagai hubungan antara konsentrasi ukuran dan volume	10
Gambar A.4 — Contoh distribusi ukuran berbasis jumlah sebagai hubungan antara konsentrasi ukuran dan jumlah	10

Prakata

SNI ISO 24218-1:2023, *Teknologi gelembung halus — Karakterisasi gelembung halus — Bagian 1: Evaluasi indeks ukuran dan konsentrasi dengan metode difraksi laser*, merupakan standar yang disusun dengan jalur adopsi tingkat keselarasan identik dari ISO 24218-1:2023, *Fine bubble technology — Characterization of fine bubbles — Part 1: Evaluation of size and concentration indices by laser diffraction method*, dengan metode adopsi terjemahan dua bahasa dan ditetapkan oleh BSN Tahun 202X.

Dalam Standar ini istilah “*this document*” pada standar ISO 24218-1:2023 yang diadopsi diganti dengan “*this Standard*” dan diterjemahkan menjadi “Standar ini”.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 07-04, Teknologi *Fine Bubble*. Standar ini telah dibahas melalui rapat teknis dan disepakati dalam rapat konsensus pada tanggal 11 Juni 2024 melalui pertemuan telekonferensi, yang dihadiri oleh para pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait, yaitu perwakilan dari pemerintah, pelaku usaha, konsumen, dan pakar. Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal XX XXXX 2024 sampai dengan XX XXXX 2024, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Terdapat standar yang dijadikan sebagai acuan normatif dalam Standar ini telah diadopsi menjadi SNI, yaitu:

1. ISO 20480-1, *Fine bubble technology — General principles for usage and measurement of fine bubbles — Part 1: Terminology*, yang telah diadopsi secara identik menjadi SNI ISO 20480-1:2017, *Teknologi gelembung halus — Prinsip umum untuk penggunaan dan pengukuran gelembung halus — Bagian 1: Terminologi*.
2. ISO 20298-1:2018, *Fine bubble technology — Sampling and sample preparation for measurement — Part 1: Ultrafine bubble dispersion in water*, yang telah diadopsi secara identik menjadi SNI ISO 20298-1:2018, *Teknologi gelembung halus – Pengambilan sampel dan persiapan sampel untuk pengukuran – Bagian 1: Dispersi gelembung ultra halus dalam air*.
3. ISO 21910-1, *Fine bubble technology — Characterization of microbubbles — Part 1: Off-line evaluation of size index*, yang telah diadopsi secara identik menjadi SNI ISO 21910-1:2020 *Teknologi gelembung halus — Karakterisasi gelembung mikro — Bagian 1: Evaluasi ukuran secara tidak langsung*

Apabila pengguna menemukan keraguan dalam Standar ini, maka disarankan untuk melihat standar aslinya yaitu ISO 24218-1:2023, dan/atau dokumen terkait lain yang menyertainya.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari Standar ini dapat berupa hak kekayaan intelektual (HAKI). Namun selama proses perumusan SNI, Badan Standardisasi Nasional telah memperhatikan penyelesaian terhadap kemungkinan adanya HAKI terkait substansi SNI. Apabila setelah penetapan SNI masih terdapat permasalahan terkait HAKI, Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab mengenai bukti, validitas, dan ruang lingkup dari HAKI tersebut.

Pendahuluan

Teknologi gelembung halus telah mengalami perkembangan dalam aplikasinya pada pasar seperti pembersihan, pengolahan air, pertanian, akuakultur, dan bidang biomedis. Saat ini metode untuk mengevaluasi karakteristik gelembung halus seperti ukuran dan indeks konsentrasi menjadi penting untuk memperjelas kinerja sistem penghasil gelembung halus yang digunakan untuk berbagai aplikasi.

Bentuk distribusi ukuran dispersi gelembung halus (DGH) dapat berupa *bimodal* atau *multimodal*, dan distribusi ini dapat meluas secara luas dari rentang gelembung ultrahalus (GUH) hingga gelembung mikro (GM).

Untuk mengevaluasi hubungan antara karakteristik gelembung halus dan efeknya, sebaiknya dipertimbangkan bahwa masing-masing mode distribusi ukuran *multimodal* dapat memiliki kontribusi independen terhadap kinerja total gelembung halus.

Metode difraksi laser dapat mengevaluasi distribusi ukuran *multimodal* dari rentang GUH ($<1 \mu\text{m}$) hingga GM (pada skala mikron).

Karena sifat alami dari distribusi ukuran berbasis jumlah, setiap pemeriksaan sampel berdasarkan campuran populasi gelembung ultrahalus dan gelembung mikro memberikan bobot yang terlalu besar ke bagian gelembung yang lebih kecil (gelembung ultrahalus). Oleh karena itu, fraksi penting dari gelembung ukuran yang lebih besar (gelembung mikro) dapat hilang. Konfirmasi dimensinya (basis jumlah atau basis volume) diperlukan pada saat melihat data distribusi ukuran. Terlebih, pendekatan yang sesuai mengenai dimensi dari distribusi ukuran sebaiknya dijadikan pertimbangan dalam hal apa yang dapat dilakukan terhadap distribusi ukuran dan pendekatan apa yang paling tepat untuk proses aplikasi yang masih membutuhkan evaluasi.

Standar ini dimaksudkan untuk menentukan evaluasi ukuran gelembung halus dan indeks konsentrasi dengan menggabungkan penggunaan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser. Sampel *bimodal* dan *multimodal* dapat digunakan. Hal ini berlaku untuk gelembung halus dengan dan tanpa selubung pada rentang ukuran yang mencakup dispersi GUH dan GM serta kombinasinya.

Teknologi gelembung halus — Karakterisasi gelembung halus — Bagian 1: Evaluasi indeks ukuran dan konsentrasi dengan metode difraksi laser

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan evaluasi ukuran gelembung halus dan indeks konsentrasi yang diterapkan pada penggunaan gabungan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser. Metodologi yang dijelaskan sesuai untuk sampel *bimodal* dan *multimodal* pada rentang ukuran yang luas (dari puluhan nanometer hingga puluhan mikrometer) dan berlaku untuk dispersi gelembung ultrahalus dan dispersi gelembung mikro (DGM) serta campurannya.

2 Acuan normatif

Dokumen berikut dirujuk dalam teks sehingga sebagian atau seluruh isinya merupakan persyaratan Standar ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang diacu yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan (termasuk amendemennya).

ISO 20480-1, *Fine bubble technology — General principles for usage and measurement of fine bubbles — Part 1: Terminology*

ISO 20298-1:2018, *Fine bubble technology — Sampling and sample preparation for measurement — Part 1: Ultrafine bubble dispersion in water*

ISO 21910-1, *Fine bubble technology — Characterization of microbubbles — Part 1: Off-line evaluation of size index*

ISO 13320, *Particle size analysis — Laser diffraction methods*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan Standar ini, istilah dan definisi yang ada dalam ISO 20480-1 serta istilah dan definisi berikut ini berlaku.

ISO dan IEC memelihara pangkalan data terminologi untuk digunakan dalam standardisasi pada alamat berikut:

- Platform penelusuran daring ISO: tersedia pada <http://www.iso.org/obp>
- Elektropedia IEC: tersedia pada <http://www.electropedia.org/>

3.1 dispersi gelembung halus DGH

cairan yang mengandung gelembung halus

[SUMBER: ISO 20298-1:2018, 3.1]

3.2

dispersi gelembung ultrahalus

DGUH

cairan yang mengandung gelembung ultrahalus

[SUMBER: ISO 20298-1:2018, 3.3]

3.3

dispersi gelembung mikro

DGM

cairan yang mengandung gelembung mikro

[SUMBER: ISO 20298-1:2018, 3.4]

4 Persyaratan pengujian

4.1 Sampel

Dispersi gelembung halus (DGH) yang akan dievaluasi harus dihasilkan dengan menggunakan sistem penghasil gelembung halus yang bersih dengan menggunakan air murni dan gas murni seperti udara, nitrogen, atau oksigen.

4.2 Alat ukur

Alat ukur berdasarkan metode difraksi laser harus digunakan untuk mengevaluasi ukuran dan indeks konsentrasi DGH dalam air. Metode difraksi laser dapat mengevaluasi distribusi ukuran *multimodal* yang luas dari rentang GUH hingga MB. Metode ini dapat diterapkan untuk penggunaan gabungan dari analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume untuk sampel yang distribusi ukurannya *bimodal* atau *multimodal* dalam rentang ukuran ini.

Distribusi ukuran yang diperoleh dari pengukuran umumnya dinyatakan dengan menunjukkan hubungan antara ukuran dan konsentrasi volume yang dinormalisasi (%). Distribusi ukuran antara ukuran dan konsentrasi jumlah yang dinormalisasi (%) dapat diperoleh dengan mudah menggunakan perangkat lunak yang disertakan dengan alat. Distribusi ukuran berbasis jumlah ini juga dapat dihitung dengan menggunakan perangkat lunak *spreadsheet* seperti Excel.

CATATAN Beberapa alat dapat memperoleh distribusi ukuran antara ukuran dan konsentrasi volume ($\mu\text{l/ml}$) dan distribusi ukuran antara ukuran dan konsentrasi jumlah (jumlah/ml) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran A. Pemrosesan data yang serupa menggunakan data terukur dari alat umum untuk memperoleh distribusi ukuran dan konsentrasi dapat direalisasikan dengan menggunakan perangkat lunak *spreadsheet*, namun hal ini tidak mudah bagi pengguna umum, tanpa dukungan dari produsen.

Metode difraksi laser harus sesuai dengan ISO 13320.

4.3 Lingkungan

Klasifikasi kebersihan udara sebaiknya diterapkan untuk pengukuran guna mencegah kontaminasi dari kotoran. Suhu kamar dan tekanan atmosferik sebaiknya stabil untuk mencegah perubahan karakteristik gelembung halus.

5 Konsentrasi jumlah dan konsentrasi volume

5.1 Perbedaan impresi antara distribusi ukuran berbasis jumlah dan berbasis volume


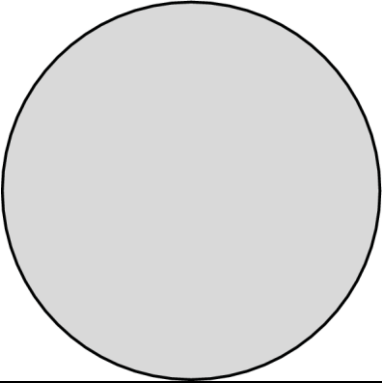
Hasil pengukuran analisis ukuran berbasis jumlah bisa sangat berbeda dengan hasil pengukuran analisis ukuran berbasis volume ketika sampel yang sama dianalisis. Impresi yang ditimbulkan oleh hasil pengukuran yang berbeda juga bisa sangat berbeda. Hal ini dapat menimbulkan kesalahan penilaian dalam evaluasi efek gelembung halus jika hanya menggunakan analisis ukuran berbasis jumlah.

Bentuk gelembung halus hampir berbentuk bulat yang mengarah pada diskusi berikut.

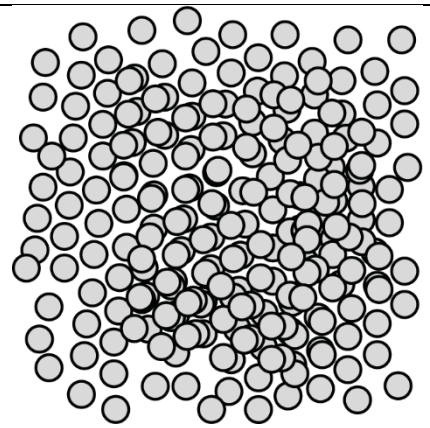
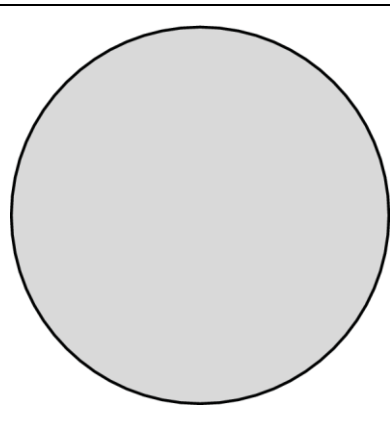
Dalam hal rasio ukuran gelembung halus 1:10, rasio jumlah 1:1 setara dengan rasio volume 1:1.000 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, dan rasio volume 1:1 setara dengan rasio jumlah 1.000:1 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan pentingnya mengenali secara akurat perbedaan dimensi antara jumlah dan volume untuk evaluasi jumlah partikel atau gelembung.

Oleh karena itu, penggunaan kombinasi analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser diperlukan untuk karakterisasi ini.

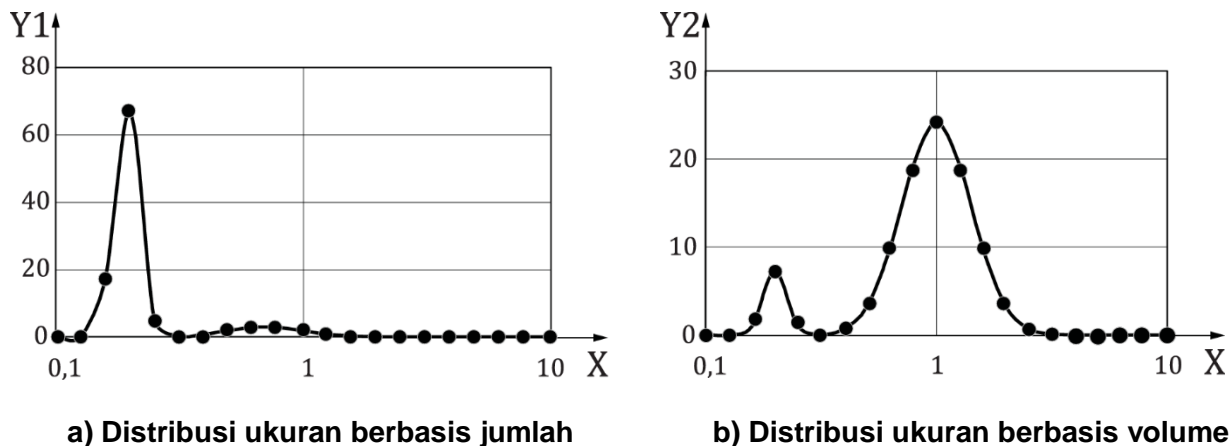
Tabel 1 — Rasio jumlah dari gelembung halus 1:1 terhadap rasio ukuran 1:10

Rasio ukuran gelembung	1	10
Gambar		
Rasio jumlah	1	1
Rasio volume	1	1.000

Tabel 2 — Rasio volume dari gelembung halus 1:1 terhadap rasio ukuran 1:10

Rasio ukuran gelembung	1	10
Gambar		
Rasio jumlah	1.000	1
Rasio volume	1	1

Gambar 1 menunjukkan dua jenis grafik sebaran ukuran *bimodal* yang ekuivalen, namun impresi sangat berbeda karena dimensi seperti jumlah dan volume berbeda.



Keterangan gambar

X ukuran partikel atau ukuran gelembung (μm)

Y1 ΔQ_0 konsentrasi jumlah dinormalisasi (%)

Y2 ΔQ_3 konsentrasi volume dinormalisasi (%)

Gambar 1 — Contoh dari distribusi ukuran berbasis jumlah dan berbasis volume

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, jumlah gelembung halus yang lebih kecil dapat ditekankan pada distribusi ukuran berbasis jumlah, sedangkan jumlah gelembung halus yang lebih besar dapat ditekankan pada distribusi ukuran berbasis volume. Sulit untuk mengevaluasi jumlah gelembung halus yang lebih besar dalam distribusi ukuran berbasis jumlah, namun juga sulit untuk mengevaluasi jumlah gelembung halus yang lebih kecil dalam distribusi ukuran berbasis volume.

Subpasal 5.1 menunjukkan pentingnya dan perlunya penggunaan gabungan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume untuk sampel yang distribusi ukurannya bersifat *bimodal* atau *multimodal* dalam rentang ukuran yang luas.

Metode difraksi laser dapat mengevaluasi distribusi ukuran *multimodal* yang diperluas secara luas dari rentang GUH hingga GM.

5.2 Konversi antara besaran dimensi jumlah dan besaran dimensi volume

Alat ukur yang berbasis metode difraksi laser sebagian besar mempunyai fungsi untuk memperoleh kedua besaran dimensi jumlah dan besaran dimensi volume sebagai konsentrasi gelembung atau partikel. Karena bentuk gelembung halus hampir berbentuk bulat, konsentrasi jumlah yang dinormalisasi dan konsentrasi volume yang dinormalisasi dapat saling dikonversi secara efektif seperti yang ditunjukkan pada Rumus (1) hingga Rumus (4).

$$y_{0,i} = \frac{\Delta Q_{3,i}}{\frac{\pi \cdot x_i^3}{6}} \quad (1)$$

$$\Delta Q_{0,i} = \frac{y_{0,i}}{\sum_{j=1}^n y_{0,j}} \times 100 \quad (2)$$

$$y_{3,i} = \Delta Q_{0,i} \times \frac{\pi \cdot x_i^3}{6} \quad (3)$$

$$\Delta Q_{3,i} = \frac{y_{3,i}}{\sum_{j=1}^n y_{3,j}} \times 100 \quad (4)$$

dengan

$\Delta Q_{0,i}$ adalah konsentrasi jumlah yang dinormalisasi (%) pada rentang ukuran ke- i ;

$\Delta Q_{3,i}$ adalah konsentrasi volume yang dinormalisasi (%) pada rentang ukuran ke- i ;

x_i adalah diameter rata-rata yang mewakili rentang ukuran ke- i .

5.3 Evaluasi efek dari gelembung halus

DGH dapat mengandung gelembung dan kontaminan yang ukurannya berkisar dari GUH hingga GM, dan bentuk distribusi ukurannya dapat berupa *bimodal* atau *multimodal*.

Untuk mengevaluasi hubungan antara karakteristik gelembung halus dan efeknya, kemungkinan penyebab efek berikut sebaiknya dipertimbangkan.

- 1) Efek gelembung yang lebih kecil yang disebabkan oleh jumlah.
- 2) Efek gelembung yang lebih besar disebabkan oleh volume yang berarti jumlah gas yang besar.
- 3) Efek sinergis disebabkan oleh jumlah gelembung yang lebih kecil dan volume gelembung yang lebih besar.

Dalam kasus lain, perlu dipertimbangkan bahwa gelembung yang lebih besar seperti gelembung mikro dapat menekan efek gelembung yang lebih kecil seperti GUH.

Jadi, untuk membahas hubungan antara karakteristik gelembung halus dan efeknya, penggunaan gabungan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume sangatlah efektif.

Karakteristik DGH dapat berubah tergantung pada kondisi pengoperasian, lingkungan, waktu yang telah berlalu, dan lain-lain. Perubahan ini dapat terjadi dalam rentang ukuran yang luas. Dispersi gelembung ultrahalus (DGUH) mungkin stabil tetapi DGH yang diperluas ke rentang ukuran luas yang mengandung gelembung mikro yang lebih besar bisa jadi tidak stabil. Untuk membahas hubungan karakteristik gelembung halus dengan efeknya, maka gabungan penggunaan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser menjadi sangat penting sebagai dasar pembahasan ini. Penggunaan gabungan ini dapat mencakup rentang ukuran yang luas mulai dari GUH hingga gelembung mikro.

6 Evaluasi

6.1 Pengambilan sampel dan penyiapan sampel

Untuk pengambilan sampel dan penyiapan sampel DGH di air yang batas atas rentang ukuran yang akan dianalisis lebih kecil dari 10 μm , ISO 20298-1 harus diterapkan.

Jika batas atas rentang ukuran yang akan dianalisis diperluas ke ukuran lebih besar lebih dari 10 μm , DGH dalam air harus ditransfer ke alat ukur sesuai dengan ISO 21910-1.

6.2 Prosedur gabungan penggunaan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser

Kombinasi penggunaan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser sebaiknya dioperasikan sesuai dengan prosedur berikut.

- 1) Pilih pengambilan sampel dan penyiapan sampel dari sampel DGH yang akan dianalisis.
- 2) Pindahkan sampel ke dalam alat ukur.

Jika alat pengaduk, pompa dan ultrasonikator digunakan sebagai alat bantu yang termasuk dalam alat pengukuran, efeknya terhadap karakteristik gelembung halus ini harus diminimalkan melalui percobaan perubahan beberapa kondisi sebelum pengukuran sebenarnya.

Air blangko yang optimal sebagai latar belakang harus digunakan.

- 3) Mendeteksi pola distribusi intensitas cahaya yang tersebar, yang merupakan data mentah metode difraksi laser.
- 4) Menghitung data sebaran ukuran partikel berbasis volume dari pola sebaran intensitas cahaya tersebar. Umumnya metode difraksi laser terlebih dahulu memperoleh data distribusi ukuran berbasis volume.
- 5) Konversi data distribusi ukuran berbasis volume menjadi data distribusi ukuran berbasis jumlah.
- 6) Evaluasi masing-masing mode distribusi ukuran berbasis volume dan konfirmasi ukuran dan konsentrasi untuk masing-masing mode distribusi.

Jika volume gelembung atau kontaminan yang lebih besar dari 100 μm lebih dari 10% total volume gelembung halus yang diukur, pengaruh terhadap keakuratan pengukuran ini tidak dapat diabaikan. Dalam hal ini, pengambilan sampel dan penyiapan sampel sebaiknya dipertimbangkan kembali. Gelembung yang lebih besar dapat dihilangkan seiring berjalannya waktu. Dalam beberapa kasus, mungkin perlu mempertimbangkan pemeliharaan sistem penghasil gelembung halus untuk mengurangi kontaminan.

- 7) Evaluasi masing-masing mode distribusi dari distribusi ukuran berbasis jumlah dan konfirmasi ukuran dan konsentrasi untuk masing-masing mode distribusi.

7 Laporan pengujian

Informasi mengenai pengambilan sampel, penyiapan sampel dan pemindahan sampel sebaiknya mengacu pada ISO 20298-1 dan ISO 21910-1, dan informasi tentang pengukuran dan alat ukur sebaiknya mengacu pada ISO 13320.

Laporan pengujian harus mencakup informasi berikut.

- a) acuan ke Standar ini, yaitu ISO 24218-1:2023;
- b) jenis dan nomor sistem atau perangkat penghasil gelembung halus;
- c) kemurnian air dan gas yang digunakan untuk menghasilkan gelembung halus;
- d) jenis alat dan nomor metode difraksi laser;
- e) versi perangkat lunak;
- f) distribusi ukuran berbasis volume dan berbasis jumlah;
- g) nama operator dan laboratorium;
- h) tanggal dan waktu pengujian.

Informasi berikut juga sebaiknya dilaporkan mengenai cara distribusi masing-masing distribusi ukuran berbasis jumlah dan distribusi ukuran berbasis volume.

- a) diameter rata-rata mode distribusi;
- b) diameter modal mode distribusi;
- c) rentang ukuran mode distribusi (diameter minimum dan diameter maksimum);
- d) konsentrasi atau konsentrasi yang dinormalisasi.

Lampiran A

(informatif)

Contoh penggunaan gabungan analisis ukuran berbasis jumlah dan analisis ukuran berbasis volume dengan metode difraksi laser

A.1 Umum

Sementara itu distribusi ukuran partikel yang diperoleh dengan menggunakan analiser ukuran partikel berbasis metode difraksi laser adalah hubungan antara ukuran partikel dengan konsentrasi partikel yang dinormalisasi, beberapa analiser dapat memperoleh distribusi ukuran partikel berdasarkan ukuran partikel dan konsentrasi jumlah atau volume.

Pada lampiran ini, hasil pengukuran distribusi ukuran berbasis jumlah dan distribusi ukuran berbasis volume yang menggunakan metode difraksi laser ditampilkan sebagai hubungan antara ukuran partikel (ukuran gelembung) dengan konsentrasi. Sebagai referensi, konsep dasar untuk mengekspresikan distribusi ukuran partikel sebagai hubungan antara ukuran partikel dengan konsentrasi didefinisikan dalam Lampiran A.2. Pada saat publikasi, detail dari proses ekspresi ini bergantung pada masing-masing produsen yang bersangkutan

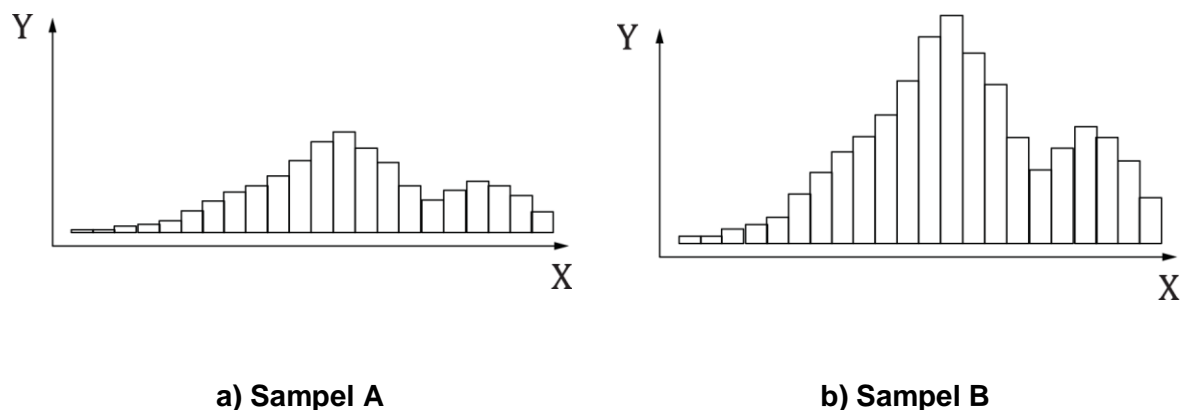
Metode difraksi laser kuantitatif^[1] yang memperoleh distribusi ukuran partikel sebagai hubungan antara ukuran dengan konsentrasi yang dapat digunakan untuk penilaian partikel protein.

A.2 Konsep prosedur untuk memperoleh konsentrasi jumlah atau volume

Distribusi pola intensitas cahaya yang tersebar sebanding dengan konsentrasi jumlah atau volume. Oleh karena itu, jumlah partikel yang dihitung dari pola distribusi intensitas cahaya yang tersebar sebanding dengan konsentrasi jumlah atau volume. Ketika tidak ada informasi tentang hubungan antara jumlah partikel yang dihitung dengan konsentrasinya, konsentrasi yang dinormalisasi sebaiknya digunakan. Namun, informasi ini diperoleh menggunakan *certificated reference material* (CRM) seperti partikel lateks polistirena (PSL). Pengaruh yang disebabkan oleh perbedaan indeks bias antara CRM dan gelembung halus dapat dimodifikasi secara numerik berdasarkan teori *Mie scattering*. Dalam kasus gelembung halus dengan selubung, pengaruh indeks bias selubung secara umum dapat diabaikan.

Dalam hal ini, distribusi ukuran partikel dapat diperoleh sebagai hubungan antara ukuran partikel dengan konsentrasi.

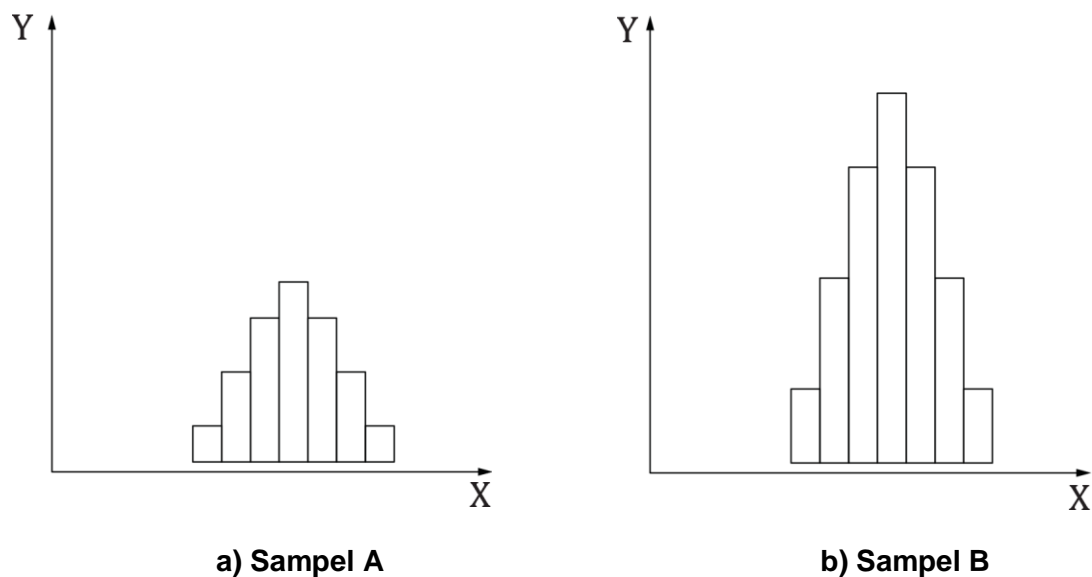
Gambar A.1 menunjukkan contoh pola distribusi intensitas cahaya yang tersebar. Dalam kasus ini, bentuk distribusi ukuran partikel dari sampel A dan sampel B identik, tetapi konsentrasi sampel B dua kali lipat konsentrasi sampel A. Oleh karena itu, intensitas cahaya sampel B adalah dua kali lipat intensitas sampel A.

**Keterangan gambar**

- X jumlah elemen sensor
Y intensitas cahaya tersebar

Gambar A.1 — Pola distribusi intensitas cahaya yang tersebar

Gambar A.2 menunjukkan distribusi ukuran partikel yang dihitung dari pola intensitas cahaya yang tersebar yang ditunjukkan dalam Gambar A.1. Jumlah partikel berbanding lurus dengan intensitas cahaya yang tersebar dan dengan konsentrasi. Ketika tidak terdapat informasi koefisien tentang hubungan antara jumlah partikel yang dihitung dengan konsentrasi, satuan sumbu vertikal dari gambar tentang konsentrasi partikel tidak diketahui. Oleh karena itu, distribusi ukuran partikel sebagai hubungan antara ukuran partikel dengan konsentrasi yang dinormalisasi yang diekspresikan sebagai persentase (%) dapat ditampilkan. Informasi tentang hubungan antara jumlah partikel yang dihitung dengan konsentrasi memungkinkan untuk mengekspresikan jumlah partikel sebagai konsentrasi volume ($\mu\text{l/ml}$) atau konsentrasi jumlah (100 juta/ml).

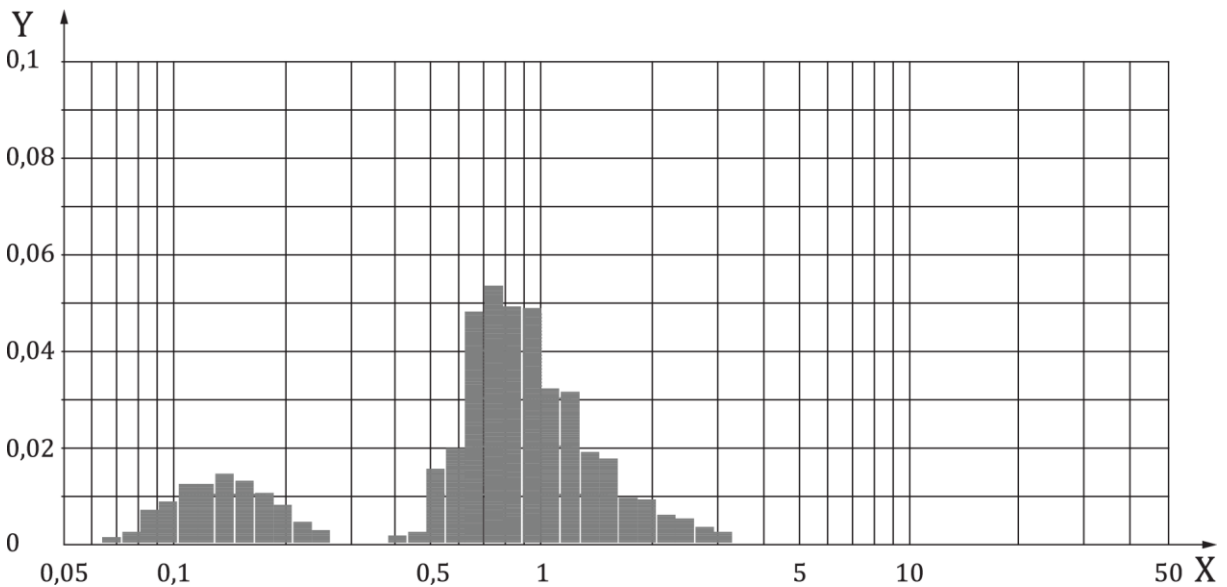
**Keterangan gambar**

- X ukuran partikel
Y proporsi banyak partikel dengan konsentrasi

Gambar A.2 — Proporsi distribusi ukuran partikel dengan konsentrasi

A.3 Contoh hasil pengukuran distribusi ukuran partikel sebagai hubungan antara ukuran partikel dan konsentrasi jumlah dan konsentrasi volume

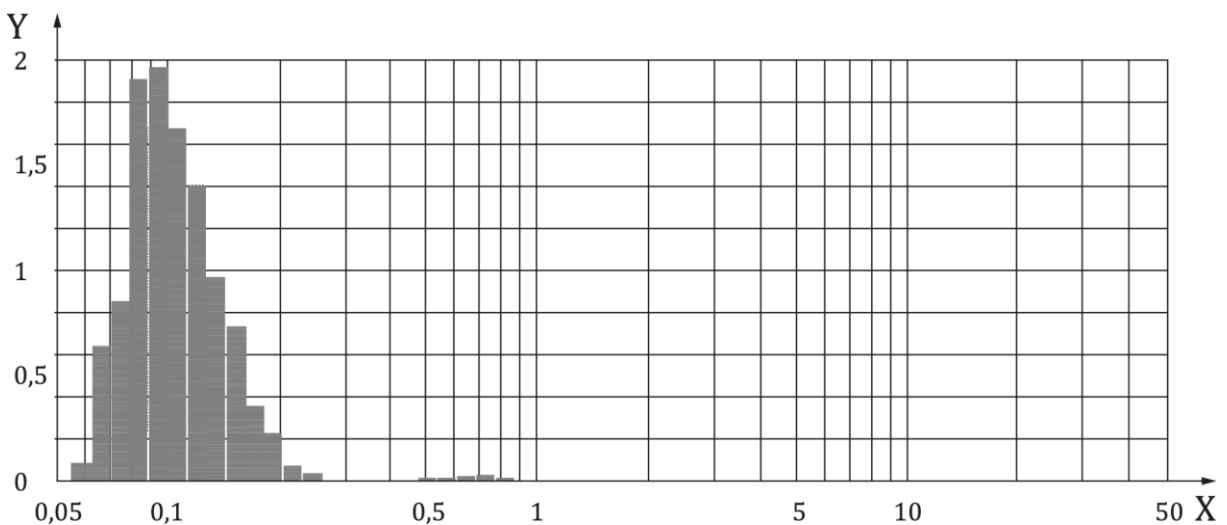
Gambar A.3 menunjukkan distribusi ukuran berbasis volume dan Gambar A.4 menunjukkan distribusi ukuran berbasis jumlah.



Keterangan gambar

- X ukuran partikel atau ukuran gelembung (μm)
- Y ΔQ_3 konsentrasi volume (μl/ml)

Gambar A.3 — Contoh distribusi ukuran berbasis volume sebagai hubungan antara konsentrasi ukuran dan volume



Keterangan gambar

- X ukuran partikel atau ukuran gelembung (μm)
- Y ΔQ_0 konsentrasi jumlah (100 juta/ml)

Gambar A.4 — Contoh distribusi ukuran berbasis jumlah sebagai hubungan antara konsentrasi ukuran dan jumlah

Data distribusi ukuran yang ditampilkan dalam Gambar A.3 dan Gambar A.4 dihitung dari data intensitas cahaya yang tersebar yang sama yang dideteksi menggunakan alat pengukur berbasis metode difraksi laser. Oleh karena itu, kedua data distribusi ukuran ini setara tetapi impresi yang disebabkan oleh dimensi volume dan jumlah bisa sangat berbeda.

Introduction

Fine bubble technology has seen growth in its application to markets such as cleaning, water treatment, agriculture, aquaculture and biomedical fields. Now the methods to evaluate the characteristics of fine bubbles such as the size and concentration indices become necessary to clarify the performances of fine bubble generating systems used for various applications. The shape of the size distribution of fine bubble dispersions (FBD) can be bimodal or multimodal, and this distribution can extend broadly from ultrafine bubble (UFB) range to microbubble (MB) range.

To evaluate the relationship between the characteristics of fine bubbles and their effects, it should be considered that the respective modes of multimodal size distribution can have their independent contributions to the total performance of fine bubbles.

The laser diffraction method can evaluate multimodal size distributions from the range of UFB (<1 μm) to that of MB (on the micron scale).

Due to the nature of number-based size distribution, any examination of a sample on a number basis which mixes populations of ultrafine and micro bubbles is unduly weighted to the fraction of smaller size bubbles (ultrafine bubbles). The important fraction of larger size bubbles (micro bubbles) can therefore be lost. At the viewing of size distribution data, the confirmation of its dimension (number basis or volume basis) is necessary. Moreover, the suitability of approach about the dimension of size distribution should be taken into consideration in terms of what it can do to the size distribution and what is the most appropriate approach for the application under evaluation.

This Standard is intended to specify the evaluation of fine bubbles size and concentration indices by combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by laser diffraction method. Both bimodal and multimodal samples are appropriate. It is applicable to fine bubbles with and without shell over a size range which includes UFB and MB dispersions and any combination thereof.

Fine bubble technology — Characterization of fine bubbles — Part 1: Evaluation of size and concentration indices by laser diffraction method

1 Scope

This Standard specifies the evaluation of fine bubbles size and concentration indices applied to the combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by the laser diffraction method. The methodology described is appropriate to both bimodal and multimodal samples over a broad size range (from tens of nanometers to tens of micrometers) and applies to ultrafine bubble and microbubble dispersions (MBD) and mixtures thereof.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this Standard. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 20480-1, *Fine bubble technology — General principles for usage and measurement of fine bubbles — Part 1: Terminology*

ISO 20298-1:2018, *Fine bubble technology — Sampling and sample preparation for measurement — Part 1: Ultrafine bubble dispersion in water*

ISO 21910-1, *Fine bubble technology — Characterization of microbubbles — Part 1: Off-line evaluation of size index*

ISO 13320, *Particle size analysis — Laser diffraction methods*

3 Terms and definitions

For the purposes of this Standard, the terms and definitions given in ISO 20480-1 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>

3.1

fine bubble dispersion

FBD

liquid which contains fine bubbles

[SOURCE: ISO 20298-1:2018, 3.1]

3.2

ultrafine bubble dispersion

UFBD

liquid which contains ultrafine bubbles

[SOURCE: ISO 20298-1:2018, 3.3]

3.3

microbubble dispersion

MBD

liquid which contains microbubbles

[SOURCE: ISO 20298-1:2018, 3.4]

4 Test requirements

4.1 Sample

The fine bubble dispersion (FBD) to be evaluated shall be generated by the use of a clean fine bubble generating system using pure water and pure gas such as air, nitrogen or oxygen.

4.2 Measuring instrument

A measuring instrument based on the laser diffraction method shall be used to evaluate the size and concentration indices of the FBD in water. The laser diffraction method can evaluate broad multimodal size distributions from the range of UFB to that of MB. It can be applicable for the combined use of the number-based size analysis and the volume-based size analysis for a sample whose size distribution is bimodal or multimodal in this size range.

The size distribution obtained from measurement is generally expressed showing the relationship between the size and the normalized volume concentration (%). The size distribution between the size and the normalized number concentration (%) can be obtained easily using the software attached with the instrument. This number-based size distribution can also be calculated using a spreadsheet software such as Excel.

NOTE Some instruments can obtain the size distribution between the size and the volume concentration ($\mu\text{l}/\text{ml}$) and the size distribution between the size and the number concentration (number/ml) as shown in Annex A. Similar data processing using the measured data from general instruments to obtain the size distribution of size and concentration can be realized using the spreadsheet software but it is not so easy for general users, without the support of the manufacturer.

Laser diffraction methods shall conform to ISO 13320.

4.3 Environment

The classification of air cleanliness should be applied for the measurement to prevent the contamination from impurities. Ambient temperature and atmospheric pressure should be stable to prevent the change of fine bubbles characteristics.

5 Number concentration and volume concentration

5.1 Difference of impression between number-based and volume-based size distributions

The measurement result of a number-based size analysis can be very different from that of a volume-based size analysis when the same sample is analysed. The impression caused by different measurement results can also be very different. It can introduce misjudgement in the evaluation of fine bubbles effect if only the number-based size analysis is used.

The shape of fine bubbles is almost spherical which leads to the following discussion.

In the case of fine bubble size ratio 1:10, number ratio 1:1 is equivalent to volume ration 1:1 000 as shown in Table 1, and volume ratio 1:1 is equivalent to number ration 1 000:1 as shown in Table 2. Table 1 and Table 2 show the importance to accurately recognize the difference of dimension between number and volume for the evaluation of the particle or the bubble amount.

Therefore, the combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by laser diffraction method is necessary for this characterization.

Table 1 — Number ratio of fine bubbles 1:1 in the case of size ratio 1:10


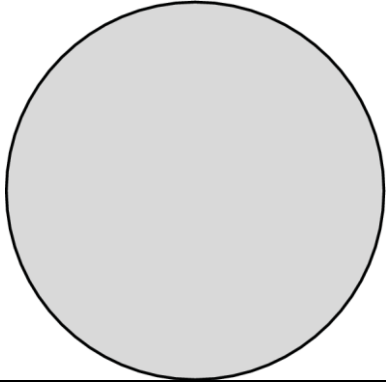
Bubble size ratio	1	10
Image		
Number ratio	1	1
Volume ratio	1	1 000

Table 2 — Volume ratio of fine bubbles 1:1 in the case of size ratio 1:10

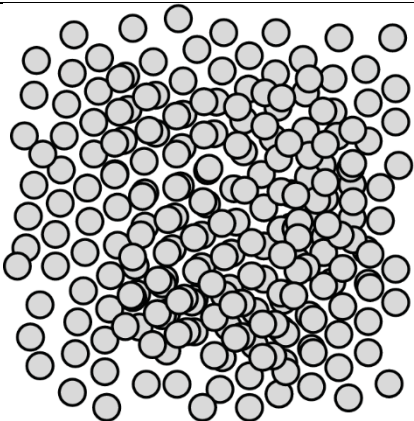
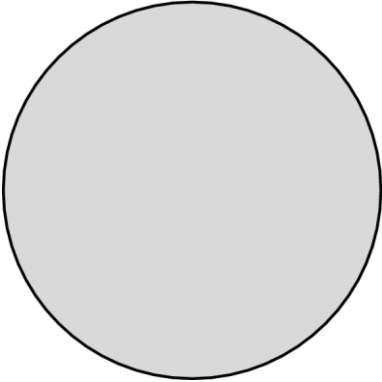
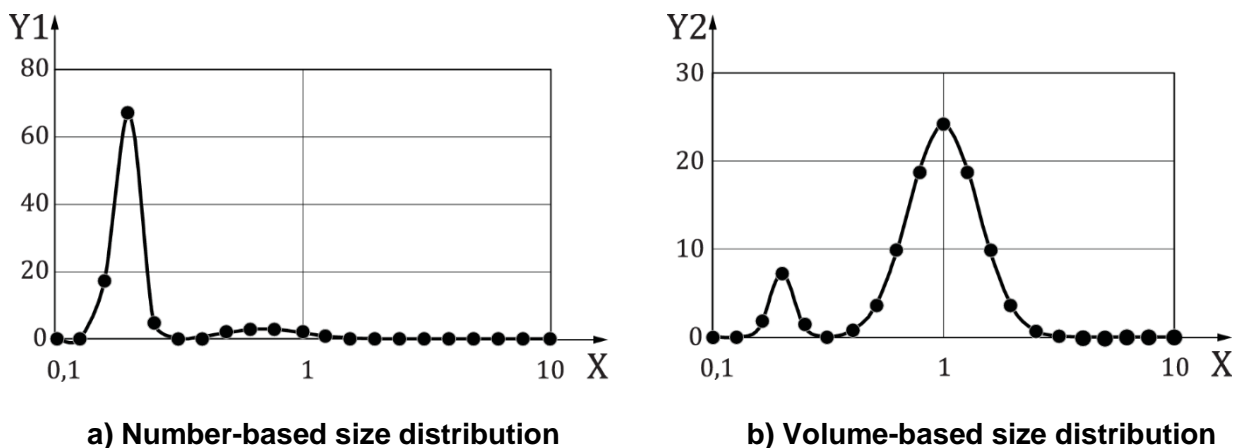
Bubble size ratio	1	10
Image		
Number ratio	1 000	1
Volume ratio	1	1

Figure 1 shows the two types of size distribution graphs of bimodal which are equivalent, but the impressions are very different as dimensions such as number and volume are different.



Key

- X particle size or bubble size (μm)
- Y1 ΔQ_0 normalized number concentration (%)
- Y2 ΔQ_3 normalized volume concentration (%)

Figure 1 — Example of number-based and volume-based size distribution

As shown in Figure 1, the amount of smaller fine bubbles can be emphasized in the number-based size distribution while the amount of larger fine bubbles can be emphasized in the volume-based size distribution. It can be difficult to evaluate the amount of larger fine bubbles in the number-based size distribution but it can also be difficult to evaluate the amount of smaller fine bubbles in the volume-based size distribution.

Subclause 5.1 shows the importance and the necessity of the combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis for the sample whose size distribution is bimodal or multimodal in the broad size range.

Laser diffraction method can evaluate multimodal size distribution extended broadly from range of UFB to that of MB.

5.2 Conversion between number dimension amount and volume dimension amount

Most of the measuring instruments based on the laser diffraction method have the function to obtain both, the number dimension amount and the volume dimension amount as concentration of bubbles or particles. As the shape of fine bubbles is almost spherical, the normalized number concentration and the normalized volume concentration can be effectively mutually convertible as shown in Formulae (1) to (4).

$$y_{0,i} = \frac{\Delta Q_{3,i}}{\frac{\pi \cdot x_i^3}{6}} \quad (1)$$

$$\Delta Q_{0,i} = \frac{y_{0,i}}{\sum_{j=1}^n y_{0,j}} \times 100 \quad (2)$$

$$y_{3,i} = \Delta Q_{0,i} \times \frac{\pi \cdot x_i^3}{6} \quad (3)$$

$$\Delta Q_{3,i} = \frac{y_{3,i}}{\sum_{j=1}^n y_{3,j}} \times 100 \quad (4)$$

with

$\Delta Q_{0,i}$ is the normalized number concentration (%) in the i th size range;

$\Delta Q_{3,i}$ is the normalized volume concentration (%) in the i th size range;

x_i is the mean diameter representing the i th size range.

5.3 Evaluation of fine bubble effect

FBDs can contain bubbles and contaminants whose size range extends from UFB to MB, and their size distribution shape can be bimodal or multimodal.

To evaluate the relationship between the characteristic of fine bubbles and their effects, the following possibilities about cause of effect should be considered.

- 1) Effect of smaller bubbles caused by number.
- 2) Effect of larger bubbles caused by volume which means a large amount of gas.
- 3) Synergistic effect caused by number of smaller bubbles and volume of larger bubbles.

In other cases, it should be considered that larger bubbles such as microbubbles may suppress the effect of smaller bubbles such as UFB.

So, to discuss the relationship between the characteristic of fine bubbles and their effect, the combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis is very effective.

The characteristic of FBD can change depending on the operating conditions, the environment, the elapsed time, etc. This change can occur within a broad size range. Ultrafine bubble dispersion (UFBD) can be stable but FBD extended to broad size range containing larger microbubbles can be unstable. To discuss the relationship between the characteristic of fine bubbles and its effect, the combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by laser diffraction method becomes very important as the basis of this discussion. This combined use can cover the broad size range from UFBs to microbubbles.

6 Evaluation

6.1 Sampling and sample preparation

For the sampling and sample preparation of FBD in water whose upper limit of size range to be analysed is smaller than 10 μm , ISO 20298-1 shall apply.

In the case upper limit of size range to be analysed is extended to a larger size more than 10 μm , FBD in water shall be transferred into a measuring instrument in accordance with ISO 21910-1.

6.2 Procedure of the combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by laser diffraction method

The combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by laser diffraction method should be operated in accordance with the following procedure.

- 1) Select the sampling and sample preparation of the FBD sample to be analysed.
- 2) Transfer the sample into the measuring instrument.

If a stirring device, a pump and an ultrasonicator are used as the compartments included in the measuring instruments, these effects to characteristics of fine bubbles shall be minimized through the trial changing several conditions before the actual measurements.

Optimum blank water as background shall be used.

- 3) Detect any scattered light intensity distribution pattern, which are raw data of the laser diffraction method.
- 4) Calculate the volume-based particle size distribution data from the scattered light intensity distribution pattern. Generally, the laser diffraction method first obtains the volume-based size distribution data.
- 5) Convert the volume-based size distribution data to the number-based size distribution data.
- 6) Evaluate the respective distribution mode of volume-based size distribution and confirm the size and the concentration for the respective distribution mode.

If the volume of bubbles or contaminants larger than 100 μm is more than 10 % of the total fine bubbles volume to be measured, this influence to the measurement accuracy cannot be ignored. In this case, sampling and sample preparation should be reconsidered. Larger bubbles can be eliminated over time. In some cases, it can be necessary to consider the maintenance of the fine bubble generating system to reduce contaminants.

- 7) Evaluate the respective distribution mode of the number-based size distribution and confirm the size and the concentration for the respective distribution mode.

7 Test report

The information about sampling, sample preparation and transferring should refer to ISO 20298-1 and ISO 21910-1, and the information about measurement and measuring instruments should refer to ISO 13320.

The test report shall include the following information.

- a) a reference to this document, i.e. ISO 24218-1:2023;
- b) the type and number of the fine bubble generating system or device;
- c) the purity of water and gas used for the fine bubble generation;
- d) the instrument type and number of the laser diffraction method;
- e) the software version;
- f) the volume-based and number-based size distribution;
- g) the names of operator and laboratory;
- h) the date and time of the test.

The following information should also be reported regarding the respective distribution modes of both number-based size distribution and volume-based size distribution.

- a) the mean diameter of the distribution mode;
- b) the modal diameter of the distribution mode;
- c) the size range of the distribution mode (minimum diameter and maximum diameter);
- d) the concentration or normalized concentration.

Annex A (informative)

Examples of combined use of number-based size analysis and volume-based size analysis by laser diffraction method

A.1 General

While the particle size distribution obtained by the particle size analyser based on the laser diffraction method is the relationship between the particle size and the normalized particle concentration, some analysers can obtain the particle size distribution of the particle size and number or volume concentration.

In this annex, measurement results of the number-based size distribution and the volume-based size distribution by the laser diffraction method are shown as the relationship between particle size (bubble size) and concentration. As a reference, the basic concept to express the particle size distribution as the relationship between particle size and concentration is defined in A.2. At the time of publication, detail of this expression process depends on the respective manufacturers.

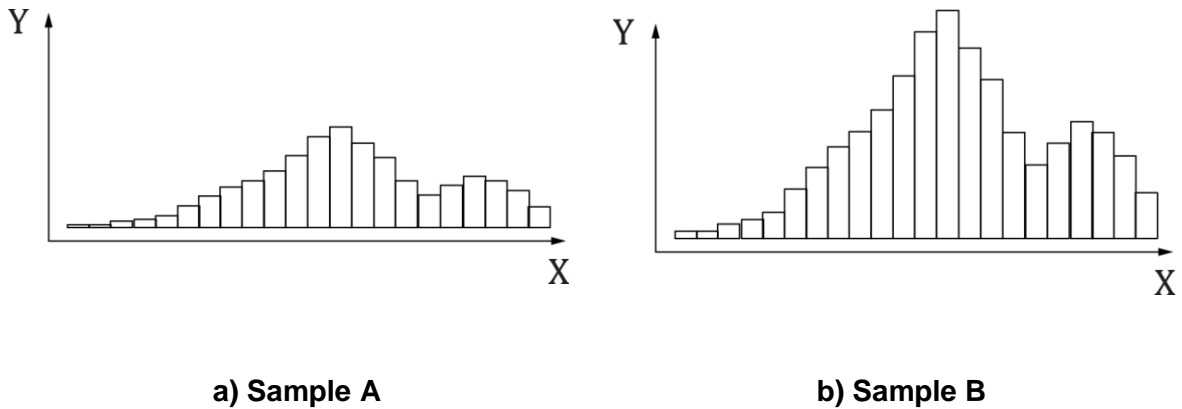
The quantitative laser diffraction method^[1] which obtains the particle size distribution as relationship between size and concentration can be used for the assessment of protein particles.

A.2 Concept of procedure to obtain the number or volume concentration

The scattered light intensity distribution pattern is proportional to the number or volume concentration. Therefore, the particle amount calculated from the scattered light intensity distribution pattern is proportional to the number or volume concentration. When no information exists about the relationship between the calculated particle amount and the concentration, normalized concentration should be used. However, this information is obtained using a certificated reference material (CRM) such as Polystyrene latex (PSL) particles. The influence caused by the difference of refractive indices between the CRM and fine bubbles can be modified numerically based on the Mie scattering theory. In the case of fine bubbles with shell, the influence of the refractive index of the shell can be generally ignored.

In this case, the particle size distribution can be obtained as the relationship between the particle size and the concentration.

Figure A.1 shows the example of the scattered light intensity distribution pattern. In this case, the particle size distribution shapes of sample A and B are identical, but the concentration of sample B is twice the concentration of sample A. Therefore, the light intensity of sample B is twice the intensity of sample A.

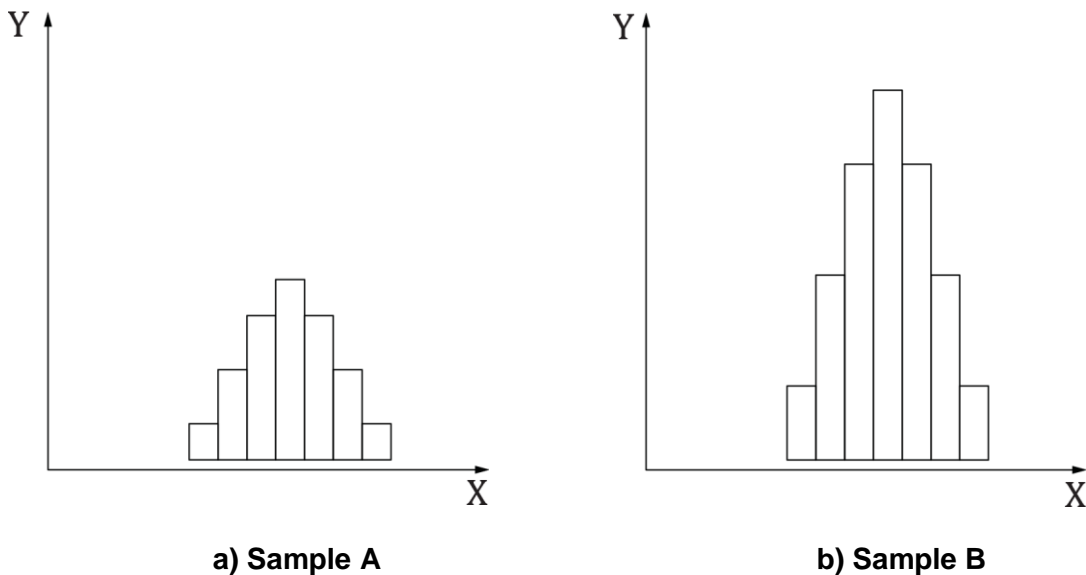


Key

- X sensor element number
- Y scattered light intensity

Figure A.1 — Scattered light intensity distribution pattern

Figure A.2 shows the particle size distribution calculated from scattered light intensity patterns shown in Figure A.1. The particle amount is proportional to the scattered light intensity and to the concentration. When no information of coefficient exists about the relationship between the calculated particle amount and concentration, the unit of the vertical axis of figure about the particle concentration is unknown. Therefore, the particle size distribution as the relationship between the particle size and normalized concentration expressed as percentage (%) can be shown. The information about the relationship between the calculated particle amount and concentration enables to express the particle amount as volume concentration ($\mu\text{l/ml}$) or number concentration (100 millions/ml).



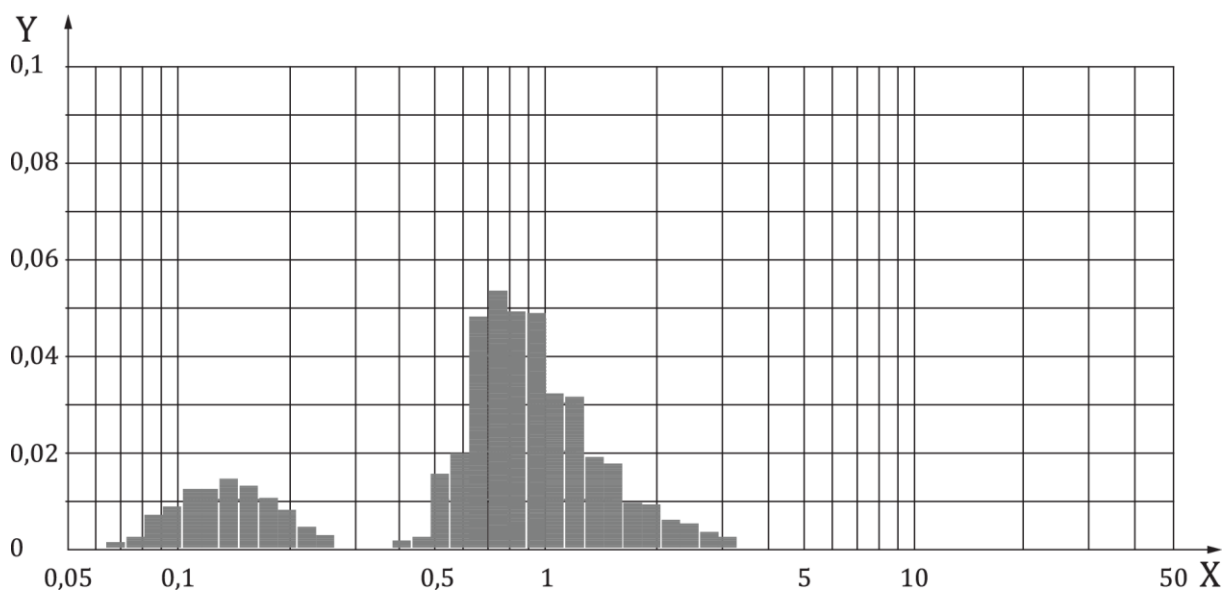
Key

- X particle size
- Y particle amount proportional to concentration

Figure A.2 — Particle size distribution proportional to concentration

A.3 Example of measurement results of particle size distribution as relationship of particle size and number and volume concentration

Figure A.3 shows the volume-based size distribution and Figure A.4 shows the number-based size distribution.

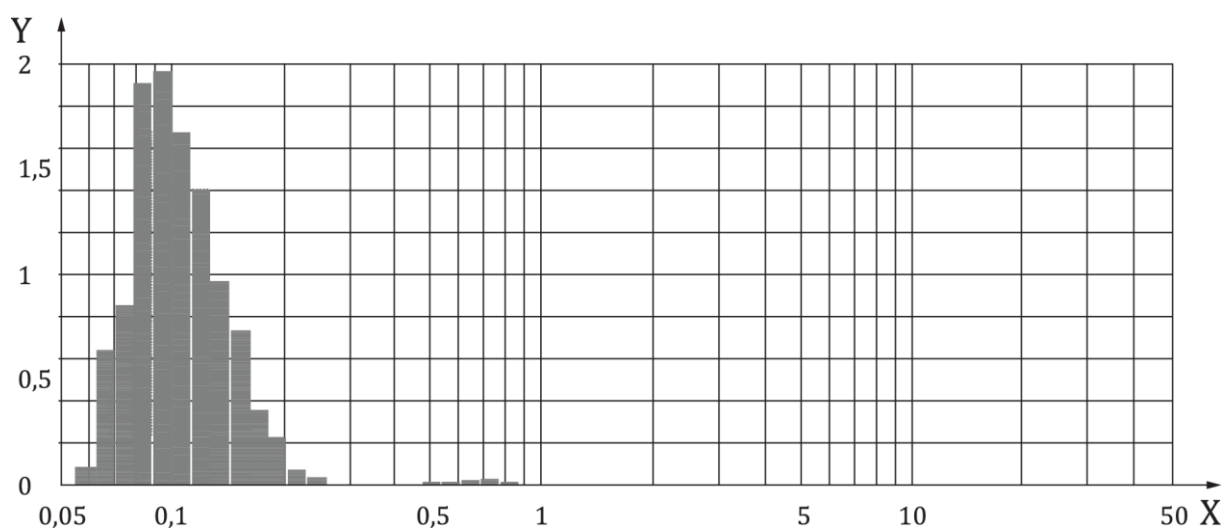


Key

X particle size or bubble size (μm)

Y ΔQ_3 volume concentration ($\mu\text{l/ml}$)

Figure A.3 — Example of volume-based size distribution as the relationship between size and volume concentration



Key

X particle size or bubble size (μm)

Y ΔQ_0 number concentration (100 millions/ml)

Figure A.4 — Example of number-based size distribution as the relationship between size and number concentration

The size distribution data shown in Figure A.3 and Figure A.4 are calculated from the same scattered light intensity data detected by the measuring instrument based on the laser diffraction method. Therefore, these two size distribution data are equivalent but the impressions caused by the dimension of volume and number can be very different.

Bibliografi

- [1] Totoki S., Yamamoto G., Tsumoto K., Uchiyama S., Fukui K., *Quantitative laser diffraction method for the assessment of protein subvisual particles*. J. pharm. Sci. 2015, 104 pp. 618–626

Informasi perumus SNI ISO 24218-1:2023

[1] Komite Teknis Perumusan SNI

Komite Teknis 07-04 Teknologi *Fine Bubble*

[2] Susunan Keanggotaan Komite Teknis Perumusan SNI

Ketua : Y. Aris Purwanto

Sekretaris : Teguh Prakosa

Anggota : 1) Gladys Peruru
2) Nurul Taufiqu Rochman
3) Hardi Junaedi
4) Sunarno
5) Anastasia Trianita Hesti Susanti
6) Wendy Tri Prabowo
7) Budi Kurniawan
8) Anto Tri Sugiarto
9) Daniel Tanto
10) Agus Somamihardja

[3] Konseptor Rancangan SNI

- Y. Aris Purwanto
- Anto Tri Sugiarto
- Budi Kurniawan

[4] Sekretariat Pengelola Komite Teknis Perumusan SNI

Direktorat Pengembangan Standar Mekanika, Energi, Infrastruktur, dan Teknologi Informasi
Badan Standardisasi Nasional