

Cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan dan persyaratan	2
4.1 Peralatan	2
4.2 Air	3
4.3 Kalibrasi	3
4.4 Keselamatan kerja	3
4.5 Petugas dan penanggung jawab	3
5 Cara pengujian	4
5.1 Persiapan.....	4
5.2 Pekerjaan pengeboran	4
5.3 Penentuan tekanan maksimum	4
5.4 Pengujian kelulusan air.....	4
5.5 Pencatatan data.....	5
6 Perhitungan	5
6.1 Perhitungan koefisien kulusan air (k).....	5
6.2 Perhitungan nilai Lugeon	6
7 Penentuan nilai Lugeon	6
8 Hal khusus	7
8.1 Tanah yang tidak terkonsolidasi/lubang bor runtuh	7
8.2 Lubang bor miring.....	7
8.3 Penyebab kesalahan pengujian.....	8
9 Laporan.....	8
Lampiran A Bagan alir (normatif).....	9
Lampiran B Gambar-gambar cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan (normatif) .	11
Lampiran C Contoh formulir isian (normatif).....	17
Lampiran D Daftar deviasi teknis dan penjelasannya (informatif)	20
Bibliografi	21

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang *Cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan* merupakan revisi dari SNI 03-2411-1991, *Metode pengujian lapangan tentang kelulusan air bertekanan*. Adapun perubahan dari SNI lama adalah penambahan dan revisi beberapa materi mengenai Persyaratan dan Ketentuan serta Cara Pengujian, pembuatan Bagan Alir, perbaikan Gambar dan pembuatan Contoh Formulir.

Standar ini disusun oleh Panitia teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Pendayagunaan Sumber Daya Air Bidang Bahan dan Geoteknik pada Subpanitia teknis Sumber Daya Air.

Tata cara penulisan mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam Perumusan standar ini dilakukan melalui forum rapat konsensus yang diselenggarakan di Bandung pada tanggal 28 September 2006 oleh Subpanitia teknis Sumber Daya Air dengan melibatkan para narasumber, pakar dari lembaga terkait.

Pendahuluan

Keberhasilan pembangunan suatu bangunan teknik sipil harus didukung oleh keberhasilan kegiatan serangkaian tahapan survey, investigasi, desain, konstruksi, operasional dan pemeliharaan (SIDCOM). Dalam tahapan perencanaan detail bangunan teknik sipil digunakan nilai parameter lapisan tanah dan batuan sebagai alas fondasi maupun bagian dari bangunan tersebut. Salah satu parameter tanah dan batuan adalah nilai kelulusan air yang harus diperhitungkan dalam keamanan bangunan antara lain bangunan air, tembok penahan tanah, pelaksanaan pondasi bangunan gedung/basement.

Berdasarkan uraian di atas, maka nilai kelulusan air lapisan tanah dan batuan sebagai alas pondasi bangunan memiliki peran yang cukup penting dalam suatu pembangunan bangunan teknik sipil ini. Dengan mengikuti prosedur dan menggunakan standar kelulusan air bertekanan di lapangan, nilai kelulusan air yang diperoleh akan dapat dipertanggung jawabkan.

SNI ini menguraikan secara lengkap tahapan pengujian, perhitungan, penentuan hasil uji kelulusan air lapisan tanah dan batuan dengan menggunakan peralatan injeksi air ke dalam lubang bor. Dengan melakukan uji kelulusan air bertekanan di lapangan ini, selain memperoleh nilai kelulusan air yang lebih dapat dipertanggung jawabkan pada setiap perlapisan tanah atau batuan, juga dapat diketahui nilai Lugeon (Lu), jenis aliran ke dalam pori lapisan tanah atau batuan, perilaku lapisan tanah dan batuan akibat pengaliran air dan sangat membantu dalam keberhasilan perbaikan lapisan pondasi dengan cara injeksi semen.

Standar ini dimaksudkan untuk memahami pelaksanaan pengujian kelulusan air bertekanan pada lubang bor sehingga diperoleh koefisien kelulusan air dan nilai Lugeon tanah dan batuan yang dapat dipertanggungjawabkan. SNI ini dapat digunakan dan bermanfaat bagi perencana dan pelaksana serta semua pihak yang terkait dalam pembangunan bangunan teknik sipil.

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan

1 Ruang lingkup

Standar ini menetapkan cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan, untuk memperoleh koefisien kelulusan air dan nilai Lugeon suatu lapisan tanah dan batuan dengan cara injeksi air ke dalam lubang bor, termasuk perhitungan dan penentuan hasil pengujian.

2 Acuan normatif

ASTM D 2113-99, Standard practice for rock core drilling and sampling of rock for site investigation.

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang berkaitan dengan standar ini adalah sebagai berikut.

3.1

batuan

kumpulan material dari satu atau lebih mineral yang terbentuk secara alami dan terikat oleh gaya kohesi kuat serta memiliki tingkat mineralogi dan kimiawi yang tetap

3.2

bidang perlapisan

diskontinuitas yang terjadi karena proses sedimentasi

3.3

diskontinuitas

bidang atau celah yang menyebabkan batuan bersifat tidak menerus antara lain berupa perlapisan, kekar, dan sesar

3.4

dilasi

pelebaran rekahan sementara akibat tekanan tertentu pada saat pengujian kelulusan air bertekanan

3.5

injeksi

suatu proses memasukkan suatu cairan dengan/tanpa tekanan ke dalam rongga, rekahan dan kekar pada tanah atau batuan yang dalam waktu tertentu cairan tersebut dapat menjadi padat dan mengeras secara kimiawi maupun fisik

3.6

kekar

diskontinuitas yang terjadi karena gaya tektonik pada lapisan batuan, namun tidak menunjukkan gejala pergeseran

3.7

koefisien kelulusan air

angka yang menunjukkan kemampuan tanah atau batuan untuk mengalirkan air dan dinyatakan dalam satuan panjang dibagi satuan waktu (cm/sekon)

3.8

nilai Lugeon (Lu)

angka yang menunjukkan kemampuan tanah atau batuan mengalirkan air dan dinyatakan dalam satuan Lugeon

3.8.1

satu Lugeon (1 Lu)

banyaknya air dalam liter per menit yang masuk ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor berukuran NX yaitu berdiameter 75,7 mm sepanjang satu meter dengan tekanan 10 bar (1 bar = 1,0197 kg/cm²)

3.9

sifat lulus air pada tanah atau batuan

kemampuan tanah atau batuan mengalirkan air melalui rongga antar butir dan atau diskontinuitas

3.10

pengeboran

suatu proses pembuatan lubang bor baik vertikal/miring maupun horizontal pada suatu lapisan tanah/batuan dengan atau tanpa menggunakan mesin bor

3.11

pengikisan

pelebaran rekahan akibat hilangnya material pengisi atau akibat kikisan pada saat pengujian kelulusan air bertekanan

3.12

penyekat

bahan dari karet yang berfungsi sebagai sekat lubang bor

3.13

penyumbatan

pengisian/penyumbatan rekahan oleh material pada saat pengujian kelulusan air bertekanan

3.14

sesar

diskontinuitas yang terjadi akibat gaya tektonik pada batuan dan menunjukkan gejala pergeseran

3.15

tanah

suatu agregat alam yang memiliki berbagai ukuran dan berbentuk tidak teratur yang merupakan hasil pelapukan suatu jenis batuan baik secara mekanik, fisik maupun kimiawi seperti lempung, lanau, pasir, kerikil dan kerakal

4 Ketentuan dan persyaratan

4.1 Peralatan

4.1.1 Mesin bor

Mesin bor yang digunakan berjenis mesin bor putar yang dilengkapi antara lain:

- a) Mata bor jenis intan atau widia sesuai dengan jenis lapisan tanah atau batuan.

- b) Penginti untuk mengambil contoh inti tanah atau batuan.
- c) Pipa lindung untuk melindungi lubang bor mengalami keruntuhan.

4.1.2 Peralatan injeksi

Peralatan injeksi yang digunakan mempunyai rangkaian sebagai berikut (lihat Gambar B.1 pada Lampiran B):

- a) Baipas, berdiameter (2,54 s.d.. 3,81) cm atau (1 s.d.. 1,5) inci.
- b) Alat ukur tekanan (manometer), berkapasitas (2 s.d.. 16) kg/cm² dengan ketelitian pembacaan (0,01 s.d.. 0,05) kg/cm².
- c) Meteran air, berkapasitas (3 s.d.. 7) m³/jam dengan ketelitian pembacaan (0,01 s.d.. 0,05) liter/menit.
- d) Pipa injeksi, berdiameter (2,54 s.d.. 3,81) cm atau (1 s.d.. 1,5) inci
- e) Penyekat, dibedakan atas:
 - 1) Berdasarkan cara pengembangannya, bisa digunakan jenis mekanik yang dikembangkan secara mekanis dengan ulir, atau jenis pneumatik yang dikembangkan dengan tekanan udara (Lihat Gambar B.2 pada Lampiran B).
 - 2) Berdasarkan cara pemasangan, digunakan penyekat tunggal yang dipasang pada batas atas bagian tanah atau batuan yang akan diuji atau penyekat ganda yang dipasang sekaligus pada batas atas dan bawah bagian tanah atau batuan yang akan diuji, pada batuan yang relatif lapuk pengekar atau penyesaran, penyekat yang digunakan adalah penyekat tunggal dengan jenis pneumatik (Lihat Gambar B.3 pada Lampiran B).

4.1.3 Mesin pompa

Mesin pompa yang dilengkapi tabung untuk memperoleh kontinuitas peredam dengan kapasitas minimal 40 liter/menit dengan tinggi tekan isap air hingga 40 kg/cm².

4.1.4 Peralatan lain

Peralatan lain, misalnya alat ukur waktu dan alat duga muka air tanah harus mempunyai ketelitian pembacaan setengah dari skala terkecil alat tersebut.

4.2 Air

Air yang digunakan untuk injeksi harus bersih, bebas dari kotoran dan suspensi lumpur.

4.3 Kalibrasi

Semua alat ukur harus dikalibrasi minimum 3 tahun sekali atau sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

4.4 Keselamatan kerja

Para pelaksana harus melaksanakan kegiatannya dengan mengantisipasi hal-hal yang dapat menimbulkan kecelakaan sesuai dengan petunjuk dan peraturan keselamatan kerja

4.5 Petugas dan penanggung jawab

Petugas dalam pengujian ini adalah juru bor yang mampu melaksanakan pengujian kelulusan air dan diawasi ahli geoteknik yang kompetensi. Nama dan tangan para petugas, pengawas dan penanggung jawab harus ditulis dengan jelas pada laporan dan formulir isian.

5 Cara pengujian

5.1 Persiapan

Lakukan persiapan pengujian kelulusan air bertekanan sebagai berikut.

- a) Periksa dan persiapkan peralatan unit mesin bor, injeksi dan mesin pompa dalam kondisi laik pakai dan siap pakai termasuk bahan bakar, air pembilas dan peralatan tambahan lainnya seperti alat ukur waktu dan alat duga muka air tanah.
- b) Bersihkan dan ratakan permukaan tanah di sekitar lokasi pekerjaan sehingga unit mesin bor dan pompa pada permukaan tanah yang datar.
- c) Pasang dan rangkai unit mesin bor dengan selang-selang *swifel* air, termasuk landasan mesin bor.

5.2 Pekerjaan pengeboran

Lakukan pekerjaan pengeboran sebagai berikut.

- a) Jalankan mesin bor dan operasikan mesin bor dan lakukan pengeboran inti hingga kedalaman yang diinginkan.
- b) Kemajuan pengeboran dicatat untuk setiap panjang pengeboran.
- c) Inti bor yang dapat diambil, dicatat panjangnya kemudian dihitung persentasi terhadap panjang pengeboran.
- d) Simpan inti bor pada peti contoh batuan, disusun sesuai dengan nomor titik pengeboran dan kedalaman pengeboran.
- e) Bersihkan dan bilas dasar lubang bor dengan air bersih.
- f) Ukur kedalaman muka air tanah pada lubang tersebut, setelah muka air tanah ini dalam keadaan seimbang dan tanpa pengaruh air pembilas atau air lainnya yang masuk ke dalam lubang bor.
- g) Pasang pipa pelindung pada lubang bor yang mudah runtuh.

5.3 Penentuan tekanan maksimum

Tekanan maksimum yang diijinkan terbaca pada manometer dalam pengujian kelulusan air bertekanan tergantung pada kedalaman lubang bor, yaitu sebesar 0,23 dari tekanan akibat berat tanah di atas elevasi alat penyekat. Tekanan total yang digunakan dalam perhitungan adalah tekanan maksimum ditambah dengan tekanan akibat tekanan tinggi muka air tanah yang berada di atas alat penyekat tersebut.

5.4 Pengujian kelulusan air

Lakukan pekerjaan pengujian kelulusan air sebagai berikut.

- a) Pasang dan rangkai unit injeksi dengan pompa tekan, bak air dan baipas pada lubang bor.
- b) Rangkai peralatan penyekat dengan unit injeksi dan peralatan lainnya.
- c) Pasang peralatan penyekat ke dalam lubang bor dengan panjang lubang uji antara (1,50 s.d. 5,0) meter sesuai kedalaman yang diinginkan seperti rangkaian pada Gambar B.4 pada Lampiran B.
- d) Kembangkan alat penyekat dengan memompa udara atau air kedalam karet penyekat atau dikembangkan secara mekanis dengan ulir.
- e) Alirkan air kedalam lubang bor dengan tekanan awal $1/3$ dari tekanan maksimum dengan cara mengatur keran.

- f) Lakukan pembacaan aliran air hingga diperoleh nilai aliran yang seragam melalui meteran air maksimum selama 10 menit. Jika aliran seragam tidak diperoleh dalam waktu yang ditentukan, batasan pengujian harus ditetapkan oleh tenaga ahli.
- g) Adapun pemberian tekanan selama pengujian pada tiap tahap tekanan adalah 1/3, 2/3, 1, 2/3 dan 1/3 dari tekanan maksimum yang ditentukan.
- h) Lakukan pengamatan rembesan atau bocoran yang timbul di sekeliling pipa lindung dan sambungan pipa injeksi selama pengujian dilaksanakan.

5.5 Pencatatan data

Data yang perlu dicatat pada uji kelulusan air bertekanan, adalah sebagai berikut.

- a) Nama proyek, lokasi, hari, tanggal pengujian.
- b) Nomor lubang bor, diameter lubang bor, deskripsi jenis lapisan lubang bor.
- c) Kedalaman lubang pada waktu uji masing-masing.
- d) Elevasi penyekat atas dan bawah.
- e) Elevasi muka air tanah.
- f) Panjang lubang uji.
- g) Jari-jari alat penyekat.
- h) Tinggi alat ukur tekanan di atas permukaan tanah.
- i) Tinggi *swivel* air di atas permukaan tanah.
- j) Cara pemasangan alat penyekat.
- k) Lama pengujian, pembacaan manometer dan pembacaan meteran air.
- l) Kondisi cuaca.
- m) Tim pengujian dan penanggung jawab.

6 Perhitungan

6.1 Perhitungan koefisien kelulusan air (k)

Rumus yang digunakan dalam perhitungan koefisien kelulusan air (k) tergantung pada panjang bagian tanah atau batuan yang diuji (L), sebagai berikut (lihat Gambar B.5 pada Lampiran).

- a) Untuk $L \geq 10r$ (r = jari-jari lubang bor), digunakan persamaan.

$$k = \frac{Q}{2\pi L h} \ln\left(\frac{L}{r}\right) \dots\dots\dots (1)$$

- b) Untuk $10r > L \geq r$, digunakan persamaan.

$$k = \frac{Q}{2\pi L h} \sinh^{-1}\left(\frac{L}{2r}\right) \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

- k adalah koefisien kelulusan air, (cm/sekon);
- Q adalah debit air yang masuk, (cm³/sekon);
- L adalah panjang lubang bor yang diuji, (cm);
- r adalah jari-jari lubang bor (cm);
- h adalah $h_p + h_s$, (cm);
- (h_p adalah tinggi air yang diperoleh dari konversi pembacaan manometer dan h_s adalah tinggi tekanan air);

Catatan : Untuk kondisi artesis dimana muka air tanah berada di atas kedudukan manometer, h_s diperhitungkan negatif.

6.2 Perhitungan nilai Lugeon

Perhitungan nilai Lugeon menggunakan rumus:

$$Lu = \frac{10 \cdot Q}{p \cdot L} \text{ atau } Lu = \frac{10 \cdot V}{p \cdot L \cdot t} \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

- Lu adalah nilai Lugeon;
- Q adalah debit air yang masuk (liter/menit) melalui lubang bor berukuran NX yaitu berdiamater 75,7 mm;
- p adalah tekanan uji, (kg/cm²);
($p = p_m + p_s$ dengan p_m adalah tekanan manometer dan p_s adalah h tinggi tekanan air yang telah dikonversikan ke dalam satuan kg/cm²);
- L adalah panjang bagian yang diuji, (m);
- V adalah volume air yang diinjeksikan, (liter) ke dalam lubang bor berukuran NX yaitu berdiamater 75,7 mm;
- t adalah waktu (menit)

7 Penentuan nilai Lugeon

Grafik aliran air yang dibuat berdasarkan data hasil uji kelulusan air bertekanan yang merupakan hubungan tekanan p dan debit aliran air Q/L dimaksudkan antara lain untuk mengetahui:

- a) Perilaku tanah atau batuan yang diuji dengan cara injeksi air pada tekanan tertentu.
- b) Kondisi aliran air yang terjadi dalam tanah atau batuan tersebut dapat berupa kondisi laminer, turbulen, dilasi, pengikisan dan penyumbatan.

Perhitungan uji kelulusan air dengan menggunakan tekanan yang bervariasi dapat menghasilkan nilai Lugeon yang berbeda, tergantung pada kondisi aliran air yang terjadi dalam tanah atau batuan yang diuji.

Dalam hal ini aliran air berupa aliran laminer bila nilai Lugeon dari setiap tahapan memberikan nilai yang mendekati sama.

Aliran turbulen terjadi bila nilai Lugeon yang diperoleh pada tekanan puncak lebih kecil dari pada nilai Lugeon yang diperoleh dari kedua tahapan tekanan yang lebih rendah dan juga nilai Lugeon yang diperoleh pada setiap tahapan yang lebih rendah dari tekanan puncak baik tahapan peningkatan dan pada tahapan penurunan memperoleh nilai Lugeon yang hampir sama.

Bila nilai Lugeon yang dilakukan pada tekanan puncak lebih tinggi dari nilai Lugeon pada kedua tekanan lebih rendah dan nilai Lugeon pada kedua tekanan yang lebih rendah ini memiliki nilai yang hampir sama, aliran ini disebut aliran dilasi.

Nilai Lugeon yang dilakukan pada setiap tekanan dari kelima tahapan tekanan baik saat peningkatan tekanan maupun penurunan tekanan memberikan nilai Lugeon yang terus meningkat, pada tahap tekanan terakhir dengan tekanan yang terendah diperoleh nilai Lugeon yang terbesar, aliran ini disebut aliran pengikisan.

Aliran penyumbatan terjadi pada suatu aliran dengan nilai Lugeon memberikan nilai yang bertambah kecil pada tahapan tekanan baik tahapan peningkatan maupun tahapan penurunan, sehingga nilai Lugeon diakhir pengujian diperoleh nilai Lugeon yang terkecil.

Penentuan nilai Lugeon dilakukan dengan menafsirkan pola grafik aliran $p-Q/L$.

- a) Kondisi laminar, grafik aliran p-Q/L untuk kondisi ini berbentuk seperti pada Gambar B.6 Lampiran B. Nilai Lugeon ditentukan dari nilai rata-rata hasil perhitungan tersebut.
- b) Kondisi turbulen, grafik aliran p-Q/L untuk kondisi ini berbentuk seperti pada Gambar B.7 Lampiran B. Nilai Lugeon yang digunakan adalah hasil perhitungan dari nilai Lugeon terkecil pada tekanan tertinggi.
- c) Kondisi dilasi, grafik aliran p-Q/L untuk kondisi ini berbentuk seperti pada Gambar B.8 Lampiran B. Nilai Lugeon yang digunakan adalah hasil perhitungan nilai yang terkecil pada tekanan rendah, atau pada tekanan menengah apabila hasilnya lebih kecil dari pada hasil uji pada tekanan rendah.
- d) Kondisi pengikisan, grafik aliran p-Q/L untuk kondisi ini berbentuk seperti pada Gambar B.9 Lampiran B. Nilai Lugeon yang digunakan adalah hasil perhitungan nilai Lugeon yang tertinggi dari hasil uji pada tekanan rendah yang terakhir.
- e) Kondisi penyumbatan, grafik aliran p-Q/L untuk kondisi ini berbentuk seperti pada Gambar B.10 Lampiran B. Nilai Lugeon yang digunakan adalah hasil perhitungan nilai Lugeon yang terkecil dari hasil uji pada tekanan rendah yang terakhir.
Penentuan jenis aliran dan pemilihan nilai Lugeon dapat juga dilakukan menggunakan Tabel C.1 pada Lampiran C.

8 Hal khusus

8.1 Tanah yang tidak terkonsolidasi/lubang bor runtuh

Apabila pada waktu pengeboran dijumpai lapisan tanah yang akan diuji bersifat tidak terkonsolidasi dan dinding lubang bor selalu runtuh, maka:

- a) Pasang pipa lindung sampai dasar lubang bor dan bersihkan endapan yang ada di dalam pipa lindung.
- b) Lakukan uji kelulusan air bertekanan sesuai dengan prosedur pada sub pasal 5.4.
- c) Hitung koefisien kelulusan air dengan rumus berikut (lihat Gambar B.11 pada Lampiran B).

$$k = \frac{Q}{5,5rh} \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

k adalah koefisien kelulusan air, (cm/sekon);

Q adalah debit air yang masuk, (cm³/sekon);

r adalah jari-jari lubang bor, (cm);

h adalah h_p + h_s, (cm);

(h_p adalah tinggi air yang diperoleh dari konversi pembacaan manometer dan h_s adalah tinggi muka air)

8.2 Lubang bor miring

Dalam perhitungan nilai kelulusan air bertekanan ini dilakukan dengan menggunakan data tekanan yang antara lain diakibatkan oleh tekanan muka air tanah. Seperti diketahui bahwa tekanan air ini bersifat statis yang didasarkan pada dasar-dasar gravitasi yang berarti dihitung tegak lurus terhadap permukaan muka air tanah yang selalu mendatar. Oleh karena itu perhitungan nilai kelulusan untuk pengujian kelulusan air yang dilakukan pada lubang bor berposisi miring, harus dikoreksi terhadap akibat kemiringan lubang bor tersebut. Hal ini diperlihatkan dalam gambar pada kolom keterangan laporan harian uji kelulusan air bertekanan yang tergantung juga kepada panjang lubang bor (lihat Tabel C.2 pada Lampiran C).

8.3 Penyebab kesalahan pengujian

Hal-hal yang dapat menyebabkan kesalahan pengujian kelulusan air ini antara lain:

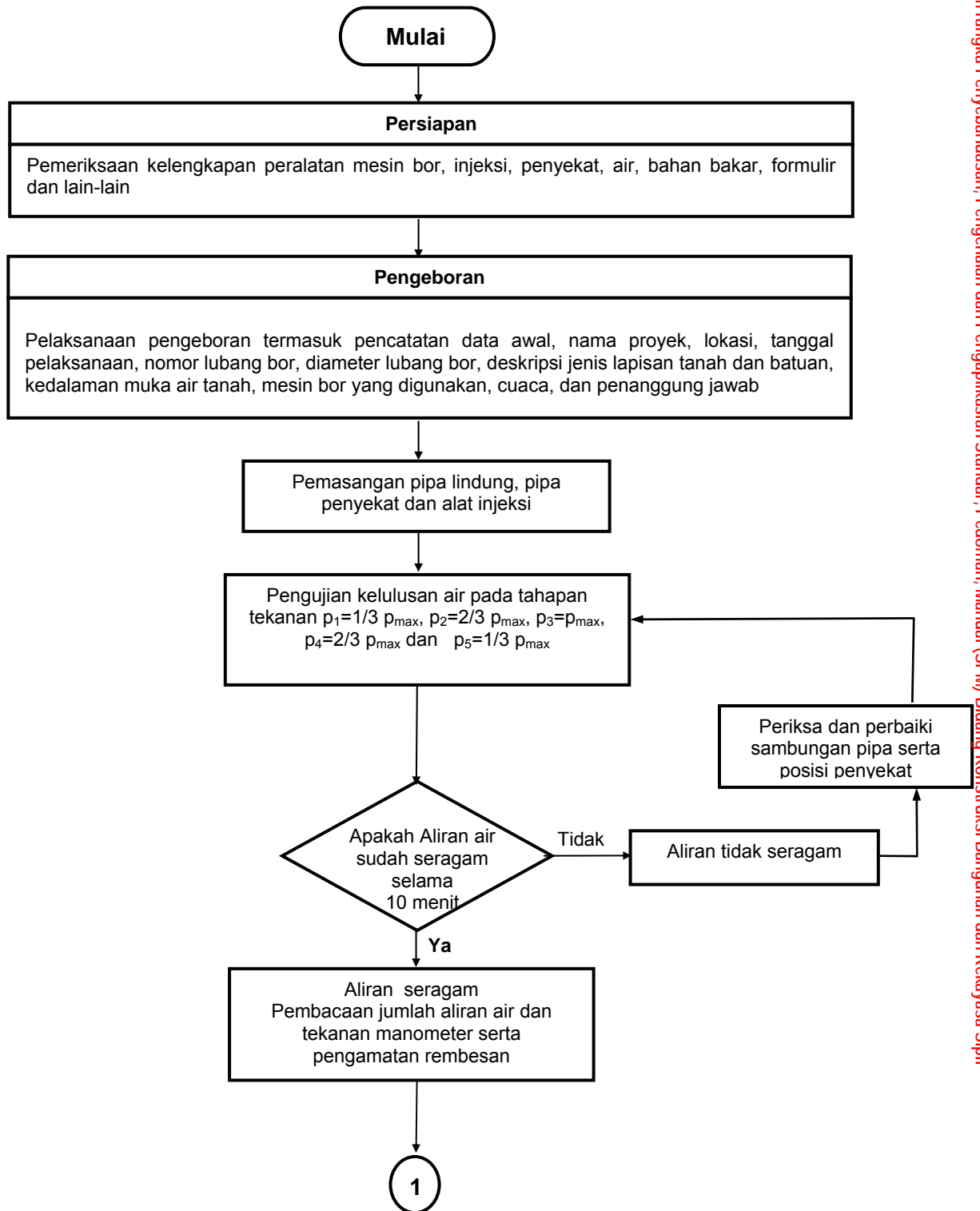
- a) Rembesan atau bocoran yang timbul di sekeliling pipa lindung dan sambungan pipa injeksi.
- b) Penyumbatan pori tanah atau rekahan halus dari tanah atau batuan yang disebabkan karena air yang digunakan dalam pengujian mengandung suspensi lumpur atau sedimen.
- c) Kerusakan tanah atau batuan yang disebabkan oleh pemberian tekanan yang tidak cermat atau berlebihan.
- d) Adanya udara yang terperangkap oleh gelembung gas yang ada di dalam tanah atau batuan.

9 Laporan

Laporan hasil pengujian kelulusan air bertekanan di lapangan akan menguraikan dan berisi antara lain:

- a) Nama proyek, lokasi, tanggal dan waktu pengujian.
- b) Nomor lubang bor, diameter lubang bor, deskripsi jenis lapisan lubang bor.
- c) Peralatan yang digunakan.
- d) Cara pemasangan karet penyekat, kedalaman muka air tanah dan uraian tentang kebocoran bila ada.
- e) Lama pengujian, pembacaan manometer dan pembacaan meteran air, tinggi elevasi alat ukur manometer di atas permukaan tanah.
- f) Kondisi cuaca.
- g) Penanggung jawab pengujian.
- h) Lampiran hasil pengujian.

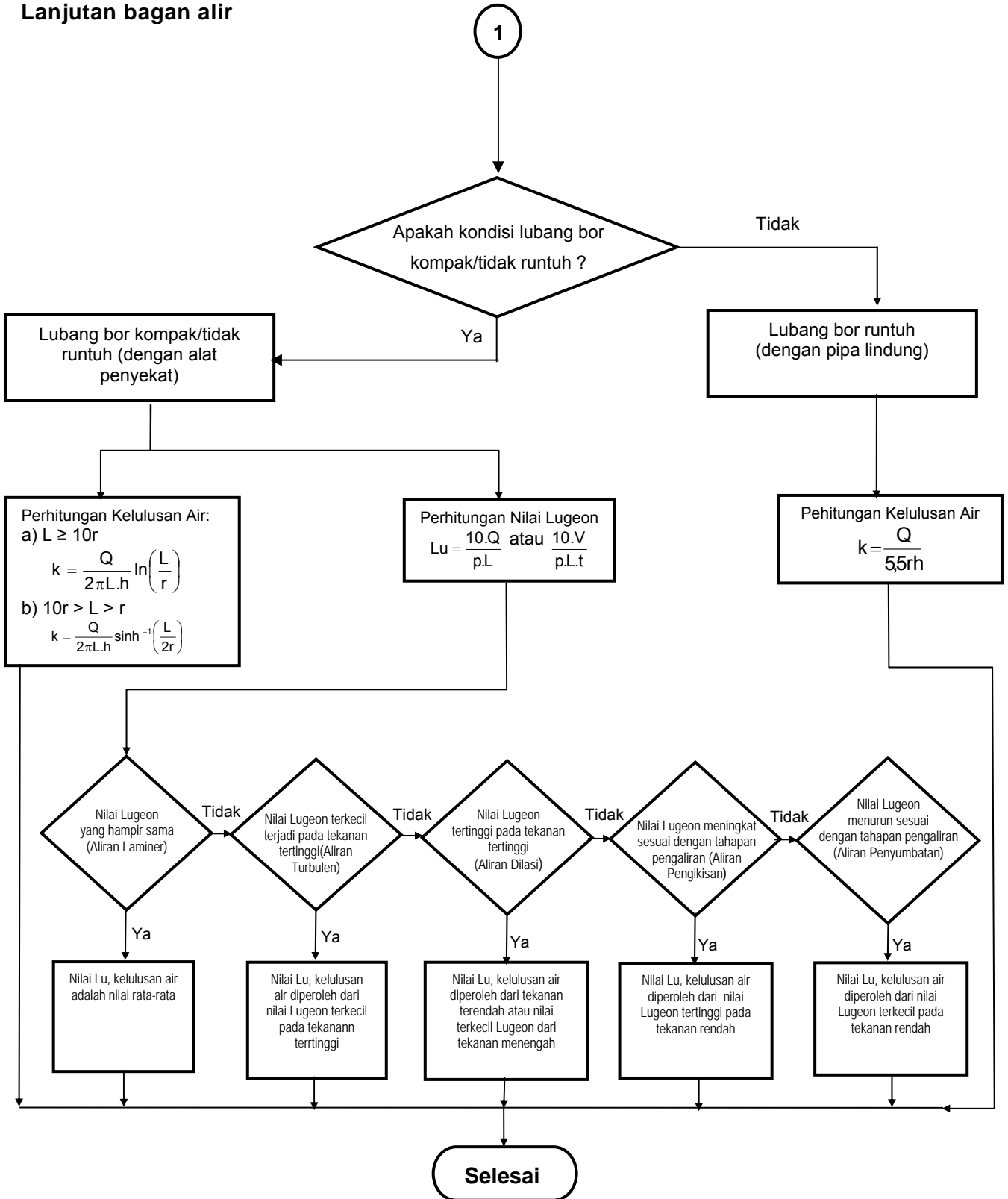
Lampiran A
(normatif)
Bagan alir



" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengendalian dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Gambar A.1 Bagan alir cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan

Lanjutan bagan alir

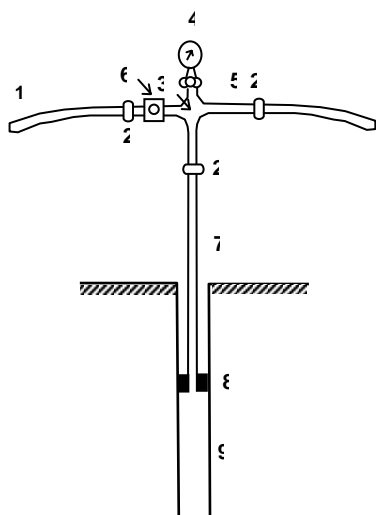


" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Gambar A.1 Bagan alir cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan (lanjutan)

Lampiran B
(normatif)

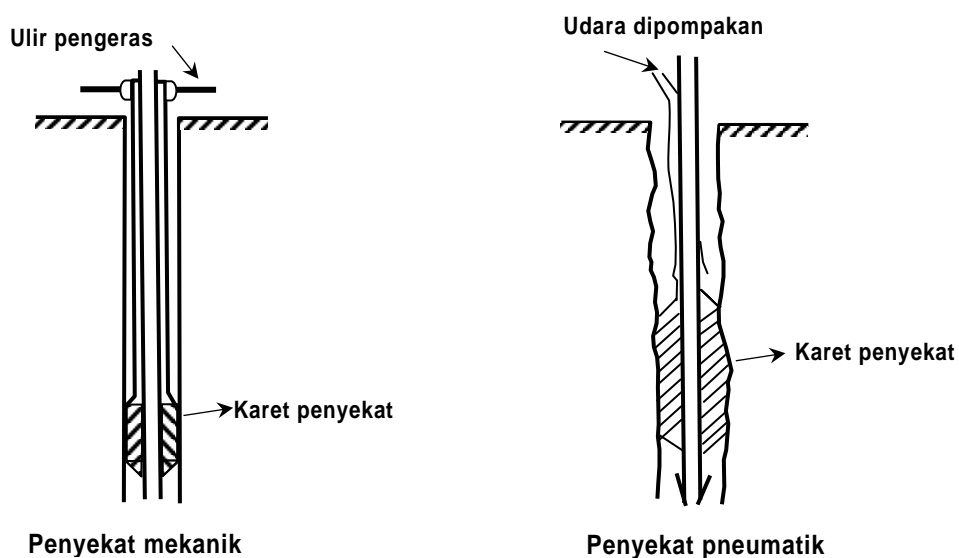
Gambar-gambar cara uji kelulusan air bertekanan di lapangan



Keterangan gambar:

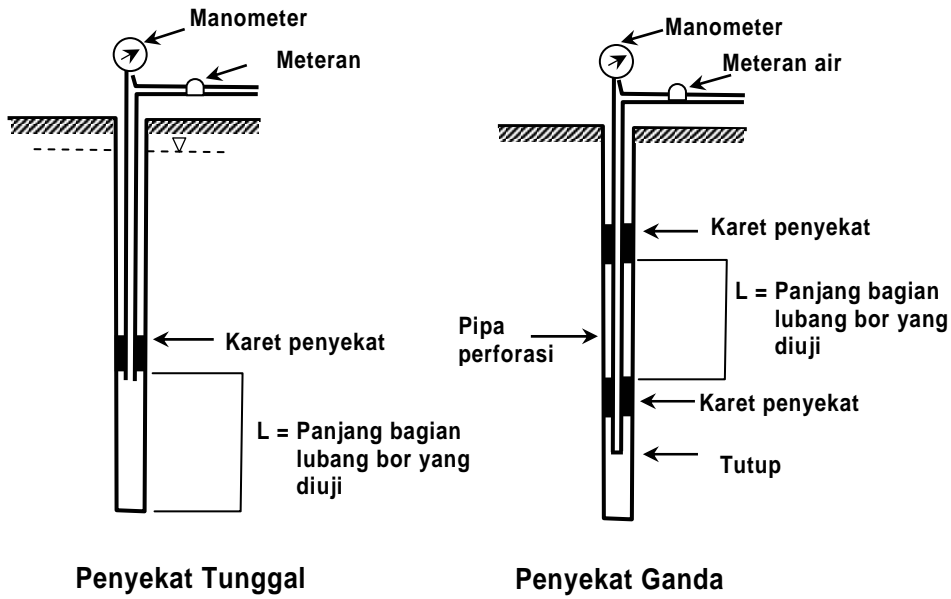
1. Slang penghantar
2. Mur penyambung
3. Baipas
4. Alat ukur tekanan (manometer)
5. Kran
6. Meteran air
7. Pipa injeksi
8. Penyekat
9. Lubang bor yang diuji

Gambar B.1 Rangkaian peralatan injeksi dan bagian-bagiannya

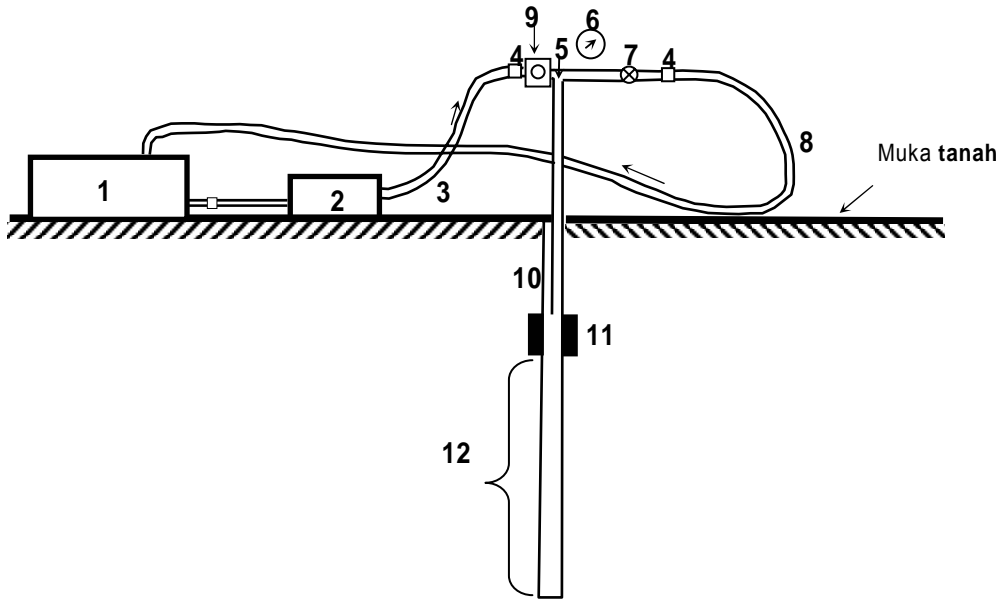


Gambar B.2 Jenis penyekat mekanik dan pneumatik

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengendalian dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "



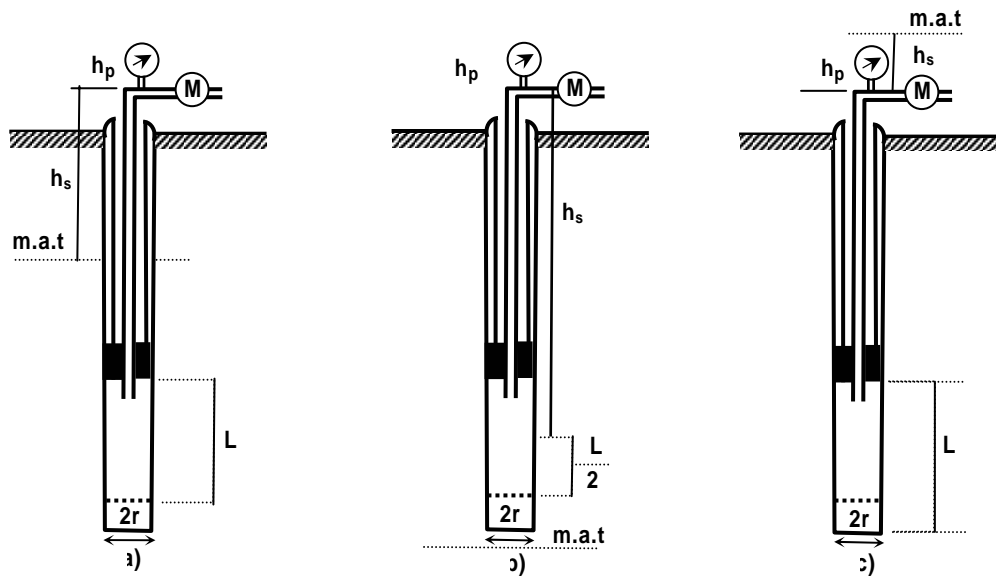
Gambar B.3 Cara pemasangan karet penyekat



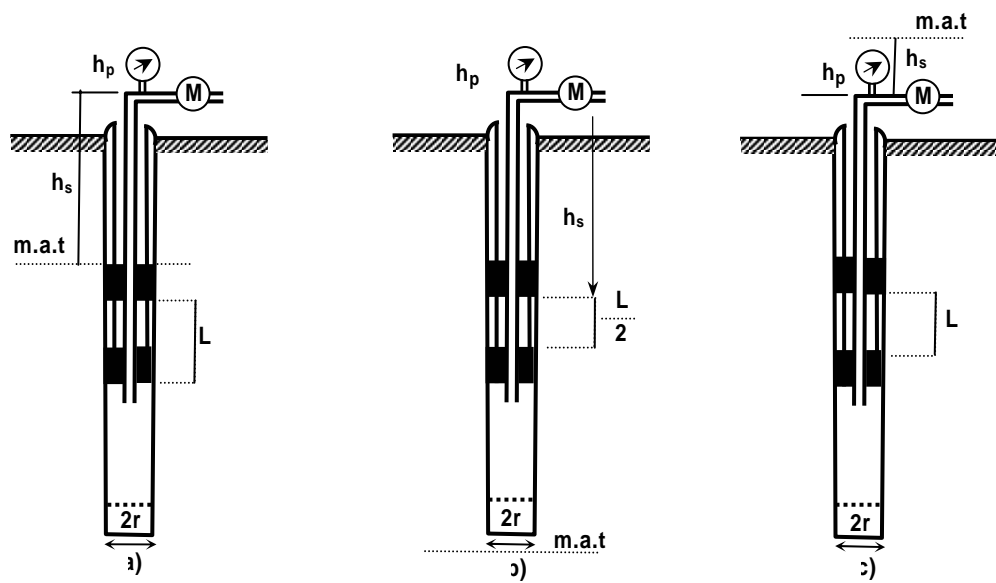
Keterangan gambar:

- | | |
|---------------------|----------------------------------|
| 1. Bak air | 7. Kran |
| 2. Pompa tekan | 8. Slang pengembali |
| 3. Slang penghantar | 9. Meteran air |
| 4. Mur penyambung | 10. Pipa injeksi |
| 5. Baipas | 11. Penyekat |
| 6. Manometer | 12. Bagian lubang bor yang diuji |

Gambar B.4 Rangkaian peralatan injeksi pada pelaksanaan uji kelulusan air bertekanan



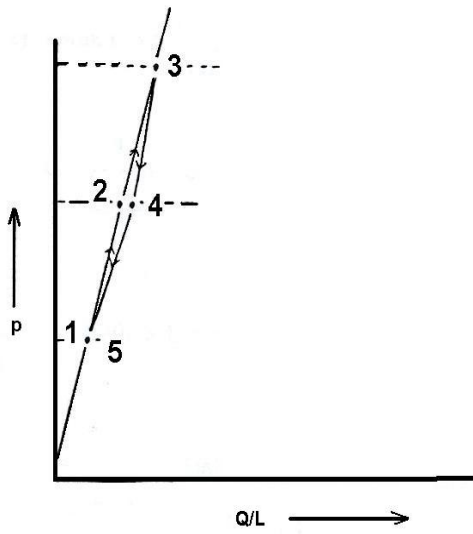
Metode Penyekat Tunggal



Metode Penyekat Ganda

$$h = h_p + h_s$$

Gambar B.5 Uji kelulusan air bertekanan

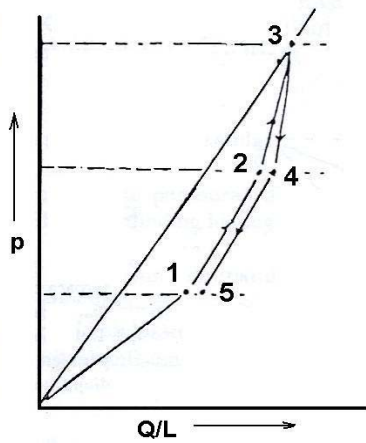


Keterangan :

p : Jumlah tekanan yang terbaca pada manometer dan P akibat tekanan air (kg/m^2)

Q/L: Debit air yang masuk per meter bagian lubang bor yang diuji (liter/menit/meter).

Gambar B.6 Grafik aliran p-Q/L untuk kondisi laminar

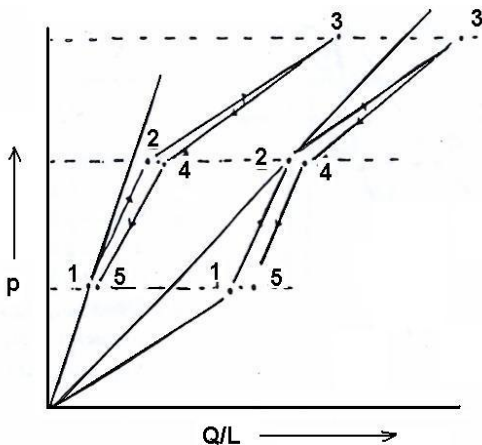


Keterangan :

p : Jumlah tekanan yang terbaca pada manometer dan P akibat tekanan air (kg/m^2)

Q/L: Debit air yang masuk per meter bagian lubang bor yang diuji (liter/menit/meter).

Gambar B.7 Grafik aliran p-Q/L untuk kondisi turbulen

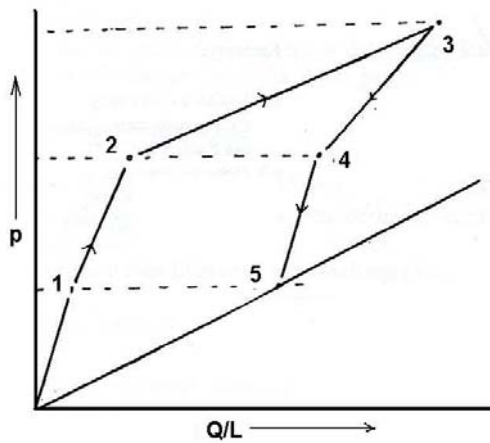


Keterangan :

p : Jumlah tekanan yang terbaca pada manometer dan P akibat tekanan air (kg/m^2)

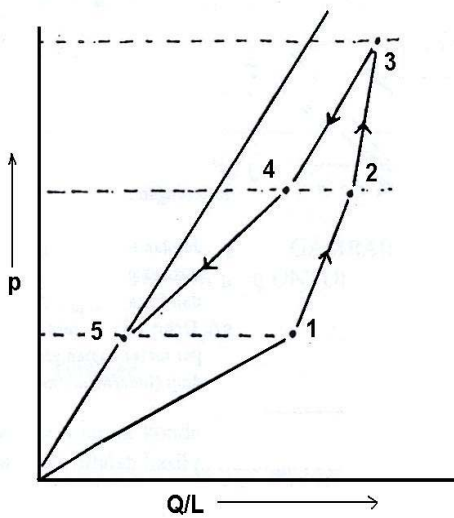
Q/L: Debit air yang masuk per meter bagian lubang bor yang diuji (liter/menit/meter).

Gambar B.8 Grafik aliran p-Q/L untuk dilasi



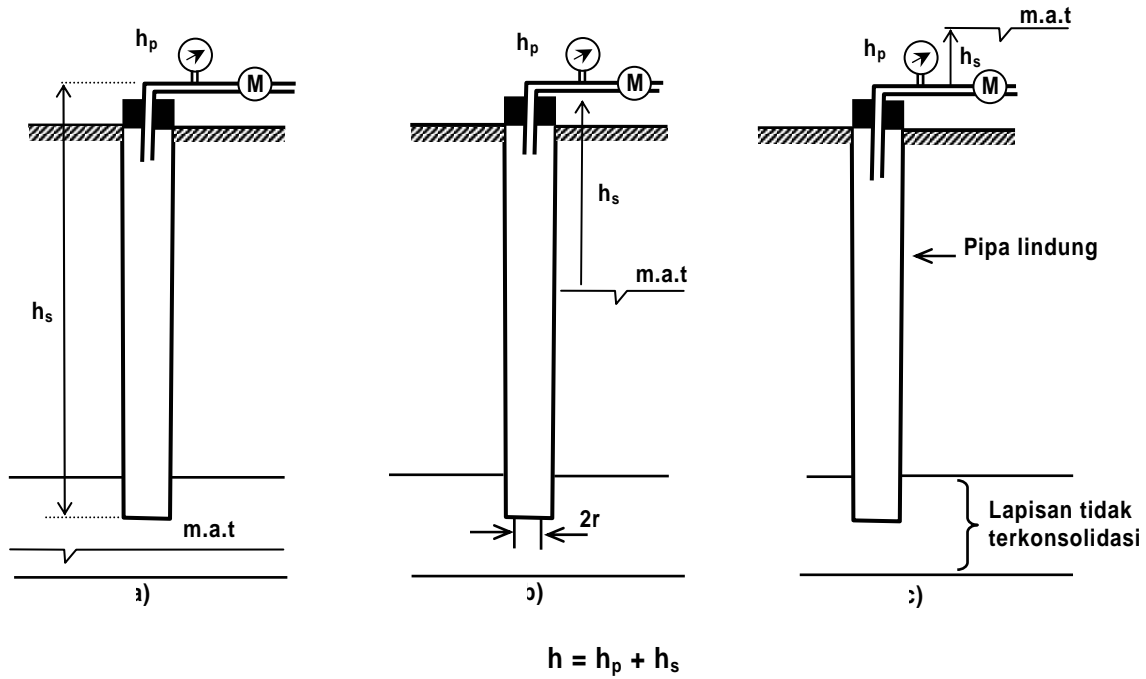
Keterangan :
 p : Jumlah tekanan yang terbaca pada manometer dan P akibat tekanan air (kg/m^2)
 Q/L: Debit air yang masuk per meter bagian lubang bor yang diuji (liter/menit/meter).

Gambar B.9 Grafik aliran p-Q/L untuk pengikisan



Keterangan :
 p : Jumlah tekanan yang terbaca pada manometer dan P akibat tekanan air (kg/m^2)
 Q/L: Debit air yang masuk per meter bagian lubang yang diuji (liter/menit/meter).

Gambar B.10 Grafik aliran p-Q/L untuk penyumbatan



Catatan:

Untuk kondisi artesis dimana muka air tanah di atas kedudukan manometer h_s , diperhitungkan negatif.

Gambar B.11 Pelaksanaan uji kelulusan air bertekanan pada bagian tanah yang bersifat tidak terkonsolidasi/lubang bor runtuh

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Lampiran C
(informatif)

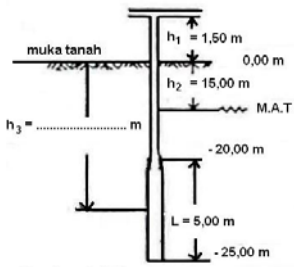



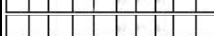
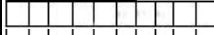
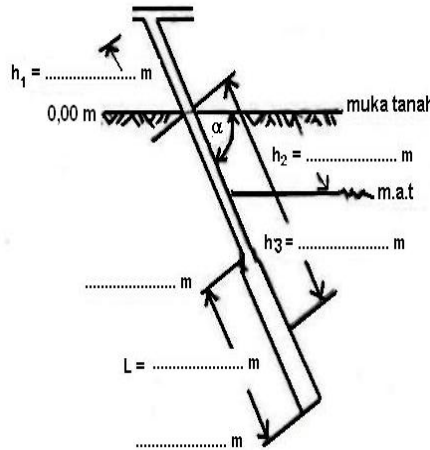
Tabel C.1 Penentuan jenis aliran dan Nilai Lugeon
(Houlsby, A.C., 1976)

No	Urutan Pengaliran	Skala Tekanan	Skala Nilai Lugeon	Penentuan Jenis Aliran	Pemilihan Nilai Lugeon
1	Aliran I Aliran II Aliran III Aliran IV Aliran V			Nilai Lugeon yang hampir sama (Aliran Laminer)	Nilai rata-rata
2	Aliran I Aliran II Aliran III Aliran IV Aliran V			Nilai Lugeon terkecil terjadi pada tekanan tertinggi (Aliran Turbulen)	Nilai Lugeon terkecil pada tekanan tertinggi
3	Aliran I Aliran II Aliran III Aliran IV Aliran V			Nilai Lugeon yang tertinggi terjadi pada tekanan tertinggi (Aliran Dilasi)	Nilai Lugeon dari nilai Lugeon yang terkecil dari tekanan yang terendah
4	Aliran I Aliran II Aliran III Aliran IV Aliran V			Nilai Lugeon meningkat sesuai dengan pengaliran (Aliran Pengikisan)	Nilai Lugeon yang tertinggi
5	Aliran I Aliran II Aliran III Aliran IV Aliran V			Nilai Lugeon menurun sesuai dengan tahapan pengaliran (Aliran Penyumbatan)	Nilai Lugeon yang terkecil. Biasanya terjadi pada akhir pengaliran/aliran

" Copy standar ini dibuat oleh SN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan dan Departemen Pekerjaan Umum dan Badan Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Sipil dan Konstruksi Sipil " dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPLM) Bidang Konstruksi dan Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Tabel C.2 Contoh formulir isian laporan harian uji kelulusan air bertekanan

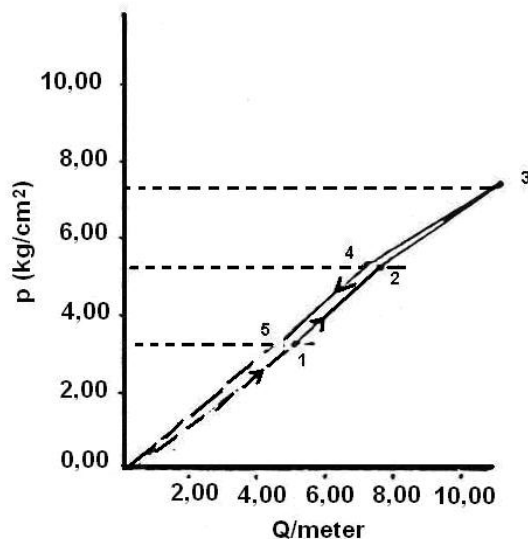
Lembar ke : 3

										Lembar ke : 3	
No. Lubang	G.3	N Lubang	76 mm	Batuan Yg diuji	BATUPASIR		Proyek	: RENCANA WADUK DEPOK			
Batuan Yg diuji	20,00 m - 25,00 m	Panjang diuji (L)	5,00 m	Tahap ke	3		Lokasi	: TUMPUAN KANAN			
Metoda Packer	Tanggal	M.A.T.	-15,00 m	Pipa Lindung	NX 20,00 m		Tanggal	: 15 - 10 - 1985			
							Mulai uji	: pk. 08.20			
							Selesai	: pk. 08.55			
No	Lama uji	TEKANAN (kg/cm ²)			PEMBACAAN METERAN AIR (Lt)		AIR YANG MASUK			KETERANGAN	
		Pm (manometer)	Ps (Gravitasi)	P Total	Awal	Akhir	Volume (Lt)	Debit (Lt/men)	Debit permeter (Lt/men/m)		
1	5'	2,00	1,65	3,65	30,50	156,50	126	25,20	5,04	$h_s = h_1 + h_2 = 16,50$ $= h_1 + h_2 = \dots\dots\dots m$  $h_s = (h_1 + h_2) \sin \alpha = \dots\dots\dots m$ $= (h_1 + h_3) \sin \alpha = \dots\dots\dots m$ $\alpha = \text{inclinometer lubang bor}$	
2	5'	4,00	1,65	5,65	193,00	380,00	187	37,40	7,48		
3	5'	6,00	1,65	7,65	405,25	668,25	263	52,60	10,52		
4	5'	4,00	1,65	5,65	685,00	871,00	186	37,20	7,44		
5	5'	2,00	1,65	3,65	872,00	992,00	120	24,00	4,80		
6											
7											
8											
9											
HASIL PERHITUNGAN					PENAKSIRAN HASIL UJI						
LUGEON	GRAFIK			Koef. Permeabilitas (cm/det)							
	12.0	13.0	14.0								
1	13,81				1,79 x 10 ⁻⁴		1,74 x 10 ⁻⁴				
2	13,24				1,71 x 10 ⁻⁴		NILAI LUGEON YG DIPAKAI				
3	13,75				1,78 x 10 ⁻⁴		13,28				
4	13,17				1,70 x 10 ⁻⁴		CATATAN				
5	13,15				1,70 x 10 ⁻⁴						
6					10 ⁻⁴						
7					10 ⁻⁴		Ditafsirkan sebagai ALIRAN LAMINER				
8					10 ⁻⁴						
9					10 ⁻⁴						
METERAN AIR		Buatan ITALI Jenis Baling-Baling									
		No. Seri. Tgl. Kalibrasi 5 - 8 - 1985									
POMPA AIR		Buatan JEPANG Jenis NAS - 3B									
		No. Seri Kapasitas 130 liter/menit									
MANOMETER		Kapasitas 7,00 kg/cm ² No. Seri.									
		Tanggal Kalibrasi 1 - 8 - 185									
PACKER		Jenis MEKANIK									
											
		Catatan: Untuk pengujian pada lubang mengarah ke atas (dalam terowongan) h ₁ dan h ₃ diperhitungkan negatif									
		PENGUJI : SUPARDJO GEOLOGIEAN LAPANGAN : ANWAR M. PENANGGUNG JAWAB LAPANGAN : R. TJAKRA DIPERIKSA OLEH : MOCHTADI									

" Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengendalian dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil "

Tabel C.3 Contoh perhitungan uji kelulusan air bertekanan

PROYEK RENCANA WADUK DEPOK				LOKASI : DI MUKA INTAKE		NO. LUBANG BOR : 6.3			
Jenis Batuan : BATUPASIR				Tinggi manometer	1,50 m	Inklinasi (der)	: 90		
				M.AT / h ₂	-15,00 m	Tahapan ke	: 3		
Kedalaman 20,00 s.d. 25,00 m				Diameter bor	7,60 ca	Lebar ke/dari	: 1 / 4		
				Panjang test	5,00 m	Tanggal	: 15 / 10 / 85		
Waktu (menit) (1)	TEKANAN (kg/cm ²)			METERAN AIR (Lt)		AIR YANG MASUK		PERMEABILITAS	
	p _m (2)	p _s (3)	p _(total) (4)	Awal (5)	Akhir (6)	Q(Lt/men) (7)	Q/m (8)	Lugeon (9)	k (cm/det) (10)
1.5	2,00	1,65	3,65	30,50	156,50	25,20	5,04	13,81	1.79E-04
2.5	4,00	1,65	5,65	193,00	380,00	37,40	7,48	13,24	1.71E-04
3.5	6,00	1,65	7,65	405,25	668,25	52,60	10,52	13,75	1.78E-04
4.5	4,00	1,65	5,65	685,00	871,00	37,20	7,44	13,17	1.70E-04
5.5	3,00	1,65	3,65	872,00	992,00	24,00	4,90	13,15	1.70E-04



KETERANGAN:
RUMUS YANG DIGUNAKAN

$$Lu = \frac{10 \cdot Q}{p \cdot L}, \text{ dimana:}$$

Lu = nilai Lugeon (kolom 9)

Q/L = masukan air dalam liter/menit/meter (kolom 8)

p = tekanan total (kolom 4)

PENAKSIRAN NILAI LUGEON : 13,38 (Kondisi aliran laminar)

Lampiran D
(informatif)

Tabel D.1 Daftar deviasi teknis dan penjelasannya

No.	Materi	Sebelum	Revisi
1	Format	Tanpa format acuan	Perubahan format dan layout SNI sesuai BSN No. 8 Tahun 2000
2	Istilah dan definisi	Masih kurang lengkap	Penambahan beberapa istilah dan definisi: batuan, dilasi, injeksi, pengeboran, pengikisan, penyekat, penyumbatan, dan tanah.
3	- Persyaratan dan ketentuan - Cara pengujian	Masih kurang lengkap	Penambahan dan revisi beberapa materi diantaranya Pasal 5 Cara pengujian: persiapan; pekerjaan pengeboran; penentuan tekanan maksimum; pengujian kelulusan air dan pencatatan data
4	Bagan Alir	Sudah ada tapi kurang lengkap	Pembuatan diagram alir (Lampiran A)
5	Gambar	Masih kurang baik	Revisi dan perbaikan gambar-gambar
6	Contoh Formulir	Sudah ada, tapi kurang lengkap	Penyempurnaan contoh formulir pengisian dan perhitungan (Lampiran C)

Bibliografi

SNI 03-2411-1991, *Metode pengujian lapangan tentang kelulusan air bertekanan.*

USBR E-18 : *Field Permeability Test in Boreholes.*

Geotechnical Control Office, Public Works Department Hongkong, *Geotechnical Manual for Slopes*, November 1979.

Houlsby. A.C., *Routine Interpretation of the Lugeon Water Tests*, Q.J.L. Eng. Geology Vol.9, 1976 pp.303-313.