



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM



SOIL NAILING

SKh.3.7.19



2026



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

Jl. Pattimura No.20, Selong Keb. Baru, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12110, Telepon (021) 7203165 Surel dirjenbm@pu.go.id

Nomor : **BM 0301/B/Db/2026/391**
Sifat : Biasa
Lampiran : Satu berkas
Hal : Persetujuan Penggunaan Spesifikasi Khusus
Interim *Soil Nailing* (SKh.3.7.19)

Jakarta, 23 September 2026

Yth

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga
2. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga
3. Para Kepala Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional/
Balai Pelaksanaan Jalan Nasional
4. Para Kepala Balai Teknik di Direktorat Jenderal Bina Marga
5. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga
6. Para Penyedia Jasa Konstruksi

di Tempat

Dengan memperhatikan kebutuhan pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan, bersama ini disampaikan persetujuan penggunaan Spesifikasi Khusus Interim sebagai berikut

No.	Nomor SKh	Judul
1.	SKh.3.7.19	Spesifikasi Khusus Interim <i>Soil Nailing</i>

Spesifikasi khusus telah memperoleh persetujuan untuk digunakan sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan *Soil Nailing* di Direktorat Jenderal Bina Marga.

Pada saat Spesifikasi Khusus Interim ini mulai berlaku, Spesifikasi Khusus Interim SKh-2.7.19 *Soil Nailing* berdasarkan surat Direktur Jenderal Bina Marga Nomor BM 0304-Db/860 Tanggal 7 Juli 2022 Hal Persetujuan Penggunaan Spesifikasi Khusus Interim *Soil Nailing* dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

Demikian disampaikan, agar menjadikan Spesifikasi Khusus Interim tersebut sebagai acuan dalam penyelenggaraan pekerjaan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Direktur Jenderal Bina Marga,



Roy Rizali Anwar

Tembusan:

1. Plt. Direktur Bina Teknik Jalan dan Jembatan
2. Kepala Subdirektorat Teknologi dan Peralatan Infrastruktur Bina Marga

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM

SKh.3.7.19

SOIL NAILING

SKh.3.7.19.1 UMUM

1) Uraian

- a) Penggunaan *soil nailing* bertujuan untuk memberikan stabilitas pada lereng. *Soil nailing* dapat digunakan sebagai perkuatan lereng.
- b) *Soil nailing* dipasang dengan tipikal sudut kemiringan $10^{\circ} - 20^{\circ}$ terhadap bidang horizontal atau sesuai dengan Gambar. Kepala *nail bar* tersambung dengan penutup muka melalui perantara pelat penumpu (*bearing plate*) yang diletakkan di atas penutup muka dan mur pengunci (*hex nut*), sehingga tekanan tanah pada penutup muka dapat diteruskan ke *nail bar*. Baja tulangan yang digunakan sebagai *nail bar* harus dilapisi galvanis, dicat berbahan *epoksi*, atau dienkapsulasi untuk mengurangi pengaruh korosi.
- c) Struktur *soil nailing* harus ditutup dengan penutup muka (*facing*) berupa *shotcrete*, beton kisi, geomat atau pelindung lereng lainnya sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar.
- d) Lingkup pekerjaan yang terdapat dalam Spesifikasi Khusus ini meliputi persiapan permukaan lereng, pengeboran, pemasangan *nail bar* ke dalam lubang bor, *grouting*, serta pemasangan *bearing plate* dan *hex nut*.

2) Gambar Kerja

Sebelum memulai pekerjaan, Penyedia Jasa harus menyiapkan dan menyerahkan Gambar Kerja detail pelaksanaan pekerjaan *soil nailing* untuk mendapatkan persetujuan Pengawas Pekerjaan.

3) Pekerjaan Seksi Lain dalam Spesifikasi Umum yang Berkaitan dengan Spesifikasi Khusus Ini

- | | |
|--|--------------|
| a) Mobilisasi | : Seksi 1.2 |
| b) Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas | : Seksi 1.8 |
| c) Kajian Teknis Lapangan (<i>Field Engineering</i>) | : Seksi 1.9 |
| d) Bahan dan Penyimpanan | : Seksi 1.11 |
| e) Pengamanan Lingkungan Hidup | : Seksi 1.17 |
| f) Keselamatan dan Kesehatan Kerja | : Seksi 1.19 |
| g) Manajemen Mutu | : Seksi 1.21 |
| h) Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi | : Seksi 1.22 |
| i) Galian | : Seksi 3.1 |
| j) Geotekstil | : Seksi 3.5 |
| k) Beton | : Seksi 7.1 |
| l) Baja Tulangan | : Seksi 7.3 |
| m) <i>Shotcrete</i> | : Seksi 7.18 |



4) Standar Rujukan

Standar Nasional Indonesia (SNI)

SNI 03-2495-1991	:	Spesifikasi bahan tambahan untuk beton
SNI 8321:2016	:	Spesifikasi agregat beton
SNI 2052:2024	:	Baja tulangan beton
SNI 7564:2011	:	Spesifikasi baja tulangan yang dilapis epoksi
SNI 8460:2017	:	Persyaratan perancangan geoteknik
SNI 2049-1:2020	:	Semen portland – bagian 1: spesifikasi
SNI 7033-2020	:	Galvanisasi (<i>hot-dip galvanized</i>) pada besi dan baja
SNI 03-6430.3-2018	:	Metode pengujian ekspansi dan <i>bliding</i> campuran graut segar untuk beton agregat praletak di laboratorium
SNI 03-6808-2002	:	Metode pengujian kekentalan graut untuk beton agregat praletak (metode pengujian corong alir)
SNI 7730:2011	:	Spesifikasi batang baja mutu tinggi tanpa pelapis untuk beton prategang
SNI 1973:2016	:	Metode uji densitas, volume produksi campuran dan kadar udara (gravimetrik) beton
SNI 03-6825-2002	:	Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil

American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM A36/A36M -19	:	<i>Standard specification for carbon structural steel</i>
ASTM A153/A153M - 16	:	<i>Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware</i>
ASTM A563 – 15	:	<i>Standard specification for carbon and alloy steel nuts</i>
ASTM C1107/ C1107M – 20	:	<i>Standard specification for packaged dry, hydraulic-cement grout (nonshrink)</i>

Federal Highway Administration (FHWA)

FHWA NHI-14-007	:	<i>Soil nail reference manual</i>
-----------------	---	-----------------------------------

5) Persiapan

a) Pengajuan Kesiapan Kerja

- i) Penyedia Jasa harus menyerahkan rancangan campuran (*job mix design*) dan hasil pengujian lapangan berdasarkan *trial mix* yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan; dan
- ii) Usulan Alat Pelindung Diri (APD) untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja. APD yang diusulkan harus mencakup helm, kacamata (*goggles*), masker, alat penutup telinga, sepatu, sarung tangan, rompi, dan *body harness*.

b) Persiapan Bahan dan Alat

- i) Bahan-bahan untuk pekerjaan *soil nailing* sebagaimana tertera dalam Gambar maupun sesuai rekomendasi pabrik yang telah memenuhi persyaratan disediakan di lapangan sebelum pekerjaan dilakukan;
- ii) *Nail bar*, *centralizers*, *bearing plate* dan *hex nut* ditandai dengan nomor dan diberi label untuk keperluan identifikasi sebelum diangkut ke tempat kerja; dan



- iii) Peralatan yang diperlukan untuk pemasangan *nail bar* dan peralatan *grouting* disiapkan, diperiksa, dan dicek untuk memastikan semuanya berfungsi dengan baik.
- c) Persiapan dan Pemasangan Perancah
Jika digunakan, perancah yang dipasang sebagaimana yang ditunjukkan dalam gambar. Perancah yang digunakan harus kuat dan kokoh serta dapat menahan beban selama proses pekerjaan berlangsung.

SKh.3.7.19.2 BAHAN

1) Baja Tulangan Beton Sirip Sebagai *Nail Bar*

- a) Ketentuan mengenai persyaratan material *nail bar* mengikuti Pasal 7.3.2.1) dari Spesifikasi Umum harus berlaku untuk mutu baja sampai dengan *Grade* 100 (BJTS 690) dan/atau mutu baja harus *Grade* 150 (1035 MPa) sesuai SNI 7730:2011. Penggunaan baja tulangan untuk *soil nailing* disarankan minimal diameter 25 mm untuk mengurangi kemungkinan lendutan, dan ketentuan *grade* yang digunakan meliputi BJTS (420) (*Grade* 60), BJTS 520 (*Grade* 75), BJTS 550 (*Grade* 80), dan *Grade* 150 (1035 MPa) mengikuti ketentuan FHWA NHI-14-007 2015.
- b) Baja tulangan beton sirip harus diberi perlindungan terhadap korosi sesuai dengan Gambar atau kriteria perencanaan. Jenis-jenis perlindungan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel SKh.3.7.19.1).

Tabel SKh.3.7.19.1) Jenis-Jenis Perlindungan untuk *Soil Nailing*

Metode Perlindungan	Kondisi
Galvanis atau <i>Epoxy</i>	Tanah nonagresif dengan tingkat toleransi risiko menengah atau tinggi
Enkapsulasi (<i>Corrugated Sheath</i>)	Tanah agresif/tanah dengan potensi korosi yang tidak diketahui Tanah non-agresif dengan tingkat toleransi risiko rendah

Sumber: FHWA-NHI-14-007

Baja tulangan beton sirip harus dilapisi galvanis (*Zinc-Coated*) atau cat berbahan epoksi, sebagaimana disyaratkan dalam SNI 7033-2020 dan SNI 7564-2011. Persyaratan ketebalan galvanis dan epoksi dapat dilihat pada Tabel SKh.3.7.19.2) dan Tabel SKh.3.7.19.3).

Tabel SKh.3.7.19.2) Persyaratan *Massa* dari Lapisan Galvanis

Diameter (mm)	Ketebalan Galvanis Rata-Rata Minimum (μm)
≥ 20	55

Sumber: SNI 7033-2020

Pengukuran tebal lapisan galvanis dapat dilakukan menggunakan metode magnetik atau gravimetri sebagaimana diatur dalam SNI 7033:2020.

Tabel SKh.3.7.19.3) Persyaratan Ketebalan Pelapisan Epoxy

Syarat Penerimaan Minimum	Ketebalan Pelapisan Epoksi (μm)
90 % dari seluruh ketebalan setelah perawatan	175 - 300

Sumber: SNI 7564:2011

Jika ditemukan lebih dari 5% dari ketebalan pelapisan epoksi yang terukur kurang dari 125 μm , maka harus ditolak.

Pengukuran dapat menggunakan alat *coating thickness gauge* untuk mengukur ketebalan lapisan dalam satuan mikrometer/mikron (μm).

Selain menggunakan galvanis dan cat berbahan epoksi, baja tulangan sirip dapat dilindungi dengan enkapsulasi pipa selubung bergelombang (*Corrugated Sheath*) menggunakan material PVC atau HDPE (*High-Density Polyethylene*). Anulus spasi antara *corrugated sheath* dan *nail bar*, terlebih dahulu diisi dengan *grout* sebelum *nail bar* dimasukkan ke dalam lubang bor sesuai dengan FHWA NHI-14-007 dan SNI 8460:2017. Persyaratan ketebalan material enkapsulasi dapat dilihat pada Tabel SKh.3.7.19.4.

Tabel SKh.3.7.19.4) Persyaratan Ketebalan Material Enkapsulasi (*Corrugated Sheath*)

Material	Ketebalan Material (mm)
PVC	1,00
HDPE	1,50

Sumber: FHWA NHI-14-007

2) Pelat Penumpu (*Bearing Plate*) dan Mur Pengunci (*Hex Nut*)

Bearing plate atau pelat penumpu terbuat dari pelat baja dengan ukuran tipikal 200 mm $\times$ 200 mm s.d. 250 mm $\times$ 250 mm dengan tebal 19 mm. *Bearing plate* harus memiliki mutu minimal f_y 350 MPa (*Grade 50*), dengan ketentuan kandungan karbon berkisar antara 0,20 %–0,33 % sesuai SNI 6764:2016. *Hex nut* atau mur pengunci yang digunakan dapat dibuat melalui proses *cold forming*, *hot forming*, atau *pressing* dengan mutu sesuai ketentuan ASTM A563/A563M-21a¹. Pelat penahan dan mur pengunci harus dilapisi dengan lapisan galvanis sesuai ASTM A153/A153M-16a.

3) *Centralizers*

Centralizers terbuat dari bahan PVC yang difabrikasi atau bahan sintetis lainnya dengan diameter lebih kecil 10 mm dari diameter nominal lubang bor. *Centralizers* harus dipilih dan dipasang sedemikian rupa sehingga pipa *grout* dapat masuk sampai dasar lubang dan material *grout* memenuhi seluruh lubang hingga ke atas. *Centralizers* diletakkan dengan spasi maksimal 3 m dan pada jarak sekitar 0,45 m dari setiap ujung *nail bar*.

4) Coupler

Coupler yang digunakan harus memiliki kuat tarik 1,25 kali dari kuat tarik *nail bar* sebagaimana dipersyaratkan dalam ACI 439.3R. Penggunaan *coupler* sebagai sambungan tidak boleh mengurangi kekuatan *nail bar* dan tidak boleh terputus saat pengujian.

5) Material Grouting

Material *grouting* digunakan untuk mengisi celah-celah lubang yang dibuat pada *nail bar* serta celah-celah rekahan batuan. Material *grouting* harus bersifat tidak susut sesuai dengan ASTM C1107/C1107M – 20.

Grouting memiliki kuat tekan umur 3 hari minimum sebesar 10,5 MPa dan pada 28 hari minimum sebesar 21 MPa dengan faktor air-semen (f.a.s) sebesar 0,4 sampai 0,5. *Bleeding* pada *grouting* dibatasi tidak melebihi 4% dari volume awal dan *bleed water* harus terserap kembali setelah 24 jam. Perubahan volume setelah 24 jam maksimal 5%. Material *grouting* harus diuji sebagaimana dengan persyaratan SNI 03-6825-2002.

Campuran *grouting* terdiri dari:

- a) Semen
Ketentuan Pasal 7.1.2.1) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.
- b) Air
Ketentuan Pasal 7.1.2.4) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.
- c) Agregat Halus
Ketentuan Pasal 7.1.2.5) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

6) Bahan Tambah

Ketentuan Pasal 7.1.2.3) dari Spesifikasi Umum harus berlaku dengan tambahan:

- a) Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)
Penggunaan campuran bahan tambah kimia ini harus mengikuti rekomendasi pabrik bahan tambah tersebut.
 - i) Penggunaan bahan tambah untuk mempercepat (*accelerator*) tidak diizinkan; dan
 - ii) Bahan tambah yang berjenis *plasticizers* dapat digunakan untuk meningkatkan *workability* dari campuran *grouting* untuk pekerjaan yang berada pada lokasi yang memiliki temperatur yang tinggi atau pada pekerjaan yang mengharuskan material *grout* harus dipompa pada jarak yang jauh.
- b) Bahan Tambah Mineral
Ketentuan Pasal 7.1.2.2) dari Spesifikasi Umum harus berlaku.

7) Pipa Grouting

Pipa *grouting* harus terbuat dari HDPE (*High-Density Polyethylene*) dengan diameter internal minimal 12 mm dan tebal pipa 2 mm.

SKh.3.7.19.3 PERALATAN

1) Umum

Peralatan yang digunakan untuk pekerjaan ini harus sesuai dengan Gambar atau kriteria perencanaan atau disebutkan lain dalam Spesifikasi Khusus ini. Peralatan pengeboran harus sesuai dengan kondisi tanah yang dijelaskan dalam laporan geoteknik dan ditunjukkan dalam data log bor.

2) Peralatan Grouting

Peralatan pencampuran yang digunakan harus mampu menghasilkan campuran *grout* dengan konsistensi yang homogen dan mampu memberikan pasokan secara kontinu ke peralatan injeksi. Peralatan *grouting* harus:

- Menghasilkan campuran *grout* yang bebas dari gumpalan semen yang tidak terhidrasi;
- Sertakan ukuran pompa *grout* perpindahan positif untuk memungkinkan *grout* dipompa dalam satu operasi berkelanjutan;
- Dilengkapi dengan pengukur tekanan pompa yang dapat mengukur setidaknya dua kali tekanan *grout* yang diinginkan;
- Memiliki minimal tikungan, katup dan perubahan diameter dalam perpipaan;
- Sertakan *mixer* yang mampu mengaduk *grout* secara terus-menerus; dan
- Sertakan sistem untuk mensirkulasi ulang *grout* selama jeda operasi *grouting*.

3) Nail Bar dan Perangkat Keras

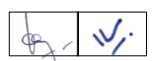
Nail Bar dan perangkat keras (Pelat Penumpu dan Mur Pengunci) yang terkait harus sesuai untuk jenis *soil nail* yang digunakan dan mampu untuk:

- Mengembangkan 75 persen dari kapasitas leleh *nails* saat diuji dalam keadaan tidak terikat dan tanpa kegagalan *nails*;
- Menjaga *soil nails* pada beban menghasilkan tegangan tidak kurang dari 75 persen dari kapasitas leleh *nails* tanpa melebihi set yang diantisipasi dan tanpa menyebabkan kegagalan *soil nails*.

4) Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian harus mencakup pengukur *dial* (*dial gauges*), pengukur *jack* dan tekanan, sel beban elektronik, serta kerangka reaksi. Sel beban hanya diperlukan untuk bagian uji *creep* dari uji verifikasi. Berikan penjelasan tentang pengaturan dan dongkrak pengujian, pengukur tekanan, serta kurva kalibrasi sel beban.

Sebelum memulai pekerjaan, periksa kondisi properti yang berdampingan. Menyimpan catatan dan memotret setiap penyelesaian yang diamati atau retakan struktur yang berdekatan yang mungkin menjadi subjek klaim kerusakan.



SKh.3.7.19.4 PELAKSANAAN

1) Persiapan Kondisi Lereng

- a) Persiapan kondisi permukaan lereng dilakukan dengan menggali permukaan lereng sesuai yang tercantum dalam Gambar;
- b) Penyedia Jasa harus bertanggung jawab untuk menyediakan survei dan kontrol kesejajaran (*alignment*) yang diperlukan selama penggalian setiap *lift*, menemukan dan mengebor setiap lubang bor dalam toleransi yang diizinkan dan memverifikasi batas pemasangan *soil nails*;
- c) Tumbuhan, terutama pohon dan semak berukuran besar di daerah yang akan dipasang *nail bar* yang mengganggu efektivitas dan integritas *nail bar* harus dibuang atau sebagaimana ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan;
- d) Tumbuhan di atas area pemasangan *soil nailing* harus dibuang. Pembersihan tumbuhan ini hanya di area yang dibutuhkan untuk pemasangan *soil nailing* dan dengan jarak ke arah atas dari sistem *soil nailing* paling jauh 6 m atau ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan;
- e) Pembersihan dengan cara mekanik dapat dilakukan dengan menggunakan *excavator*. Untuk membuang batu besar pada lereng harus dilakukan berdasarkan Gambar atau kriteria perencanaan. Pelandaian kemiringan lereng batuan dapat dilakukan secara manual atau dengan alat *excavator* yang disesuaikan dengan situasi di lapangan atas persetujuan Pengawas Pekerjaan; dan
- f) Penyedia Jasa harus melakukan peninjauan kondisi geologi lokasi pekerjaan, untuk memastikan kondisi prakonstruksi sama dengan asumsi desain. Jika tidak sesuai, maka Penyedia Jasa harus melaporkan kepada Pengawas Pekerjaan.

2) Pengeboran

- i) Lubang pengeboran harus dibuat pada lokasi yang telah ditentukan dengan kemiringan dan kedalaman seperti yang dipersyaratkan dalam Gambar dan telah disetujui Pengawas Pekerjaan;
- ii) Tentukan peralatan pengeboran dan metode yang paling sesuai dengan kondisi tanah maupun kondisi lapangan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar. Diameter lubang bor bervariasi dari 100 mm sampai dengan 200 mm atau sesuai dengan Gambar;
- iii) Lubang bor untuk *nail bar* dapat dibuat dengan beberapa metode yang umum digunakan, antara lain *rotary*, *auger*, dan *rotary percussion drilling*. Pemilihan metode pengeboran juga harus mempertimbangkan ketersediaan alat bor pada lokasi pekerjaan dan kondisi jenis tanah atau batuan yang akan dibor. Penggunaan metode dengan *percussion (driven/pushed soil nail)* hanya dapat digunakan sebagai struktur sementara;
- iv) Metode pengeboran yang digunakan oleh Penyedia Jasa tidak boleh ada penambahan diameter lubang bor lebih dari 10 persen dari diameter lubang bor yang ditunjukkan dalam Gambar atau kriteria perencanaan;
- v) Salah satu dampak yang mungkin terjadi akibat aktivitas pengeboran adalah *heaving* atau amblas pada permukaan tanah. Untuk mengurangi dampak ini, dapat digunakan *casing* selama proses pengeboran;



- vi) Pada saat pengeboran penggunaan *casing* diperbolehkan jika lubang bor mengalami longsor atau rontok. Pengeboran menggunakan cairan lumpur seperti *bentonite* tidak diperbolehkan. Pengeboran yang digunakan adalah pengeboran kering (*dry coring*) dan pengeboran basah (*wet boring*) atau sesuai dengan Gambar dan kriteria perencanaan. Jika melakukan pengeboran pada tanah kohesif, dilarang menggunakan *water flush* karena akan menurunkan tahanan friksi antara *grout* dan tanah. Setelah pengeboran sesuai, maka lubang bor harus dibersihkan dari semua kotoran sebelum baja tulangan dimasukkan. Lubang yang sudah selesai tidak boleh dibiarkan lebih dari 2 jam dan harus dilakukan instalasi *nail bar* dan *grouting*;
- vii) Apabila pengeboran dilakukan pada lereng yang sudah ada atau sudah tergal, maka perlu digunakan perancah yang kuat untuk dudukan mesin bor serta menjaga keamanan dan keselamatan kerja tim pengeboran. Bila perlu, mesin bor diikatkan dengan tali yang dihubungkan pada patok yang berada pada posisi di atasnya. Segera lakukan penghentian sementara dan modifikasi pengeboran apabila ditemukan adanya amblasan tanah; dan
- viii) Bila terjadi kerusakan pada lereng dengan perkuatan yang telah terpasang atau pada struktur lainnya, segera lakukan upaya untuk menstabilkan dan memperbaikinya tanpa biaya tambahan.

3) Pemasangan Nail Bar

- a) Setelah pengeboran selesai, sebelum pemasangan baja tulangan *nail bar*, lubang bor perlu dibersihkan dari hancuran sisa pengeboran yang berada dalam lubang bor sekaligus mengecek kedalaman pengeboran;
- b) Selanjutnya baja tulangan sebagai *nail bar* ditempatkan di tengah lubang dengan menggunakan bantuan *centralizers* sedemikian rupa sehingga baja tulangan tidak melengkung dan tidak mengganggu pipa *grout* mencapai dasar lubang sehingga material *grout* dapat mengalir dengan baik sampai ke atas;
- c) *Centralizers* diletakkan pada jarak 0,45 m dari bagian bawah dan atas lubang dan maksimum 3 m di antara *nail bar*. Tidak diperbolehkan menekan baja tulangan bila dialami kesulitan pada saat memasukan ke dalam lubang bor; dan
- d) *Nail bar* dipasang dengan pola dan spasi sesuai dengan Gambar, sudut kemiringan berkisar antara 10 – 20 derajat dari bidang horizontal atau sebagaimana yang tercantum dalam Gambar. Baris pertama *nail bar* harus dipasang tidak lebih dalam dari 1,1 m di bawah puncak dinding, sementara baris paling bawah harus dipasang 0,6 m – 1 m dari dasar galian rencana.

4) Grouting

- a) Rancangan Campuran (*Mix Design*)
 - i) Penyedia Jasa harus mengirimkan rancangan campuran (*mix design*) untuk masing-masing mutu *grouting* yang akan digunakan sebelum pekerjaan *grouting* dimulai, lengkap dengan hasil pengujian bahan dan hasil pengujian percobaan campuran *grouting* di laboratorium berdasarkan kuat tekan *grouting* secara umum untuk umur 3 hari dan 28 hari, kecuali ditentukan untuk umur beton yang lain oleh Pengawas Pekerjaan;
 - ii) Proporsi bahan dan berat penakaran hasil perhitungan harus memenuhi kriteria teknis utama, yaitu kelecakan (*workability*), kekuatan (*strength*), batas



perubahan volume (*expansion*), dan keawetan (*durability*). Penyedia Jasa wajib menyerahkan data tersebut kepada Pengawas Pekerjaan.

b) Campuran Percobaan (*Trial Mix*)

- i) Sebelum dilakukan *grouting*, Penyedia Jasa harus membuat campuran percobaan menggunakan proporsi campuran hasil rancangan campuran serta bahan yang diusulkan, dengan disaksikan oleh Pengawas Pekerjaan, yang menggunakan jenis instalasi dan peralatan yang sama seperti yang akan digunakan untuk pekerjaan (serta sudah memperhitungkan waktu pengangkutan dan lain-lain);
- ii) Pengujian kuat tekan *grouting* umur 3 hari dari hasil campuran percobaan harus mencapai kekuatan minimum 90% dari nilai kuat tekan *grouting* karakteristik yang ditargetkan dalam rancangan campuran *grouting* (*mix design*) umur 3 hari;
- iii) Bilamana hasil pengujian *grouting* berumur 3 hari dari campuran percobaan tidak menghasilkan kuat tekan *grouting* yang disyaratkan, maka Penyedia Jasa harus melakukan penyesuaian campuran dan mencari penyebab ketidaksesuaian tersebut, dengan meminta saran tenaga ahli yang kompeten di bidang beton untuk kemudian melakukan percobaan campuran kembali sampai dihasilkan kuat tekan *grouting* di lapangan yang sesuai dengan persyaratan; dan
- iv) Bilamana percobaan campuran *grouting* telah sesuai dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan, maka Penyedia Jasa boleh melakukan pekerjaan *grouting* sesuai dengan hasil percobaan campuran tersebut.

c) Metode *Grouting*

- i) Setelah *nail bar* diletakkan ke dalam lubang bor, selanjutnya dilakukan pengisian material *grouting* dengan menggunakan pipa *grout*. Pipa untuk memasukkan material *grouting* dimasukkan ke dasar lubang bor dan dilakukan pengisian material *grouting* sampai lubang bor terisi penuh;
- ii) Proses pemasukan material *grouting* dapat dilakukan dengan metode gravitasi atau dengan tekanan, dimulai dari dasar lubang dengan menggunakan selang atau pipa. Ujung selang atau pipa tersebut harus dipertahankan posisinya, di dalam material *grout* sambil ditarik untuk mencegah timbulnya pori-pori;
- iii) *Grouting* harus dilakukan pada hari yang sama setelah pengeboran selesai dan setelah instalasi *nail bar* pada lubang bor, dengan jangka waktu maksimum 2 jam setelah pengeboran lubang selesai;
- iv) Seluruh panjang *nail bar* harus di-*grout* tanpa celah, intrusi tanah, atau celah di kolom *grouting*. Sambungan dingin (*cold joints*) di kolom *grout* tidak diizinkan;
- v) Kuantitas dan tekanan *grout* harus dikontrol dan dicatat dengan hati-hati. Jika selongsong sementara telah digunakan, selongsong harus ditarik segera setelah *grouting* awal dan saat *grout* masih dalam keadaan fluida;
- vi) Setiap sesi *grouting* harus dicatat dan disimpan terkait identifikasi *nail bar*, jumlah total semen (jumlah kantong/sak) dan air (liter) yang digunakan dan masalah apa pun dengan peralatan *grouting* dan pengisian lubang bor;
- vii) Setiap lubang yang telah diisi *nail bar* harus dipenuhi dengan material *grout* dalam sekali pelaksanaan, penyambungan pengisian *grouting* tidak diperbolehkan;



- viii) Apabila digunakan *casing*, pada saat *casing* dicabut, ketinggian *grouting* di dalam lubang harus dijaga untuk menghindari keruntuhan dinding lubang bor; dan
- ix) Untuk metode *grouting* yang menggunakan tekanan, lakukan pencatatan tekanan *grouting* pada *nail bar* yang terpasang dengan menggunakan teknik tekanan *grouting*. Lakukan pengaturan tekanan *grouting* untuk menghindari kerusakan struktur tanah yang berlebihan atau menimbulkan rekahan.

5) Pemasangan Bearing Plate dan Hex Nut

Bearing plate dipasang secara konsentris atau terpusat pada *nail head* dengan toleransi 5 mm dan tegak lurus terhadap *nail head* dengan toleransi 3°. Setelah *grout* telah mencapai kekuatan tekan minimum yang disyaratkan dalam Spesifikasi ini, *hex nut* dipasang pada *nail head* dan dikencangkan dengan torsi 150 Nm.

SKh.3.7.19.5 PENGENDALIAN MUTU

1) Pengujian Material Nail Bar

Penyedia Jasa harus memberikan sertifikasi hasil uji material *nail bar* sebagaimana yang dipersyaratkan pada SKh.3.7.19.2.1) Spesifikasi Khusus ini.

2) Pengujian Grouting

Selama melakukan pekerjaan, Penyedia Jasa harus melakukan satu pengetesan *grouting* diantaranya:

- a) *Bleeding test* dengan nilai tidak melebihi 4 % dari volume awal campuran sesuai ketentuan SNI 03-6430.3-2000;
- b) *Expansion test* dengan nilai tidak melebihi 5 % dari volume awal campuran sesuai ketentuan SNI 03-6430.3-2000;
- c) *Density test* dengan kepadatan relatif berkisar antara 1840 kg/m³ - 2500 kg/m³ sesuai ketentuan SNI 1973:2016;
- d) *Flow cone test* dengan nilai *flow efflux time* rata-rata dari dua pengujian tidak lebih besar 15 detik sesuai ketentuan SNI 03-6808-2003; atau
- e) Pengujian kuat tekan sesuai ketentuan SNI 03-6825-2002 untuk 3 hari dan 28 hari dilakukan minimal sebanyak 3 % dari jumlah total *soil nailing* atau minimal 5 (lima) set pengujian, ambil yang terbesar. Hasil pengetesan harus diserahkan paling lambat 24 jam setelah pengetesan dilakukan.

3) Uji Tarik (Pull Out Test)

Pengujian dan pemantauan *soil nails* harus dilakukan selama konstruksi untuk menilai karakteristik perilaku struktural dan mengevaluasi kualitas pekerjaan yang sedang dilakukan.

Uji tarik pada *nail bar* dilakukan untuk memverifikasi bahwa gaya *nail bar* (T_{max}) dapat ditahan tanpa terjadi pergerakan yang berlebihan, dengan faktor keamanan yang cukup. Gaya tarik diberikan oleh *hydraulic jack* yang dilengkapi dengan *load cell* untuk

mengukur gaya tarik, dengan *pressure gauge* sebagai alat ukur gaya kedua. Untuk mengukur pergerakan *nail bar*, digunakan paling tidak 2 buah *dial gauge*.

Beban uji diberikan secara bertahap hingga mencapai beban maksimum sebesar 200 % T_{max} untuk pengujian verifikasi dan 150% T_{max} untuk *proof test*. Setiap tahap pembebanan ditahan selama 10 menit, sedangkan beban maksimum ditahan selama 60 menit dengan jadwal pembebanan dan pembacaan *dial gauge* sesuai Tabel SKh.3.7.19.5).

Tabel SKh.3.7.19.5) Jadwal Pembebanan Dan Pembacaan *Dial Gauge*

Beban (% T_w)	Lama Beban Ditahan (menit)	Pembacaan <i>Dial Gauge</i> (menit)
25	10	1, 2, 3, 4, 5, 10
50	10	1, 2, 3, 4, 5, 10
75	10	1, 2, 3, 4, 5, 10
100	10	1, 2, 3, 4, 5, 10
125	10	1, 2, 3, 4, 5, 10
150	60	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 50, 60
200	60	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 20, 30, 50, 60
Catatan: 1. Uji verifikasi dilakukan hingga beban 200% 2. Uji produksi (<i>proof test</i>) dilakukan hingga beban 150%		

Sumber: SNI 8460:2017

Uji tarik dilakukan dalam dua tahap, yaitu uji produksi (*Proof/Production test*) dan uji verifikasi, dan setiap tahap dilakukan uji rangkai (*Creep test*) sesuai FHWA-NHI-14-007 2015 dan SNI 8460:2017.

- a) Uji verifikasi *nail bar* dilakukan sebelum pelaksanaan pekerjaan untuk memastikan bahwa tahanan lekat (*bond resistance*) yang diinginkan dapat terpenuhi. Jika hasil pengujian tidak sesuai dengan rencana, maka Penyedia Jasa harus melakukan kaji ulang metode pemasangan *nail bar* dan atau konfigurasi panjang dan *layout nail bar* untuk mendapat persetujuan Pengawas Pekerjaan.

Kriteria penerimaan uji verifikasi:

- Total gerakan rangkai kurang dari 2 mm per siklus log waktu antara pembacaan 6 - 60 menit diukur selama pengujian rangkai dan laju rangkai linier atau menurun selama periode penahanan beban uji rangkai;
- Tidak terjadi kegagalan tarik pada saat beban desain 200%; dan
- Gerakan total yang diukur pada beban uji 200% dari beban desain melebihi 80% dari perpanjangan (elongasi) elastis teoretis dari panjang tak terikat (*unbonded length*).

Jumlah pengujian verifikasi ditentukan oleh Pengawas Pekerjaan berdasarkan kondisi tanah dan geometri. Jumlah tes verifikasi harus mempertimbangkan jumlah strata tanah yang relevan di mana *nail bar* produksi harus terikat (*bonded*). Pengujian minimum dilakukan pada 2 titik di setiap lapisan tanah.

- b) Uji produksi (*Proof/Production test*) untuk *nail bar* dilakukan pada saat pelaksanaan pekerjaan untuk mengetahui bahwa *nail bar* mampu menahan



kuat tarik rencana. Jika hasil pengujian tidak sesuai dengan rencana, maka Penyedia Jasa harus menghentikan pekerjaan dan berkonsultasi dengan Pengawas Pekerjaan untuk menentukan langkah yang harus diambil dengan meminta saran tenaga ahli yang kompeten di bidangnya.

Kriteria penerimaan uji produksi:

- i) Gerakan rangkai total kurang dari 1 mm diukur antara pembacaan 1 - 10 menit atau total gerakan rangkai kurang dari 2 mm diukur antara pembacaan 6 - 60 menit dan laju rangkai linier atau menurun selama periode penahanan beban uji rangkai;
- ii) Tidak terjadi tarik (*pullout*) sebelum 100% beban uji;
- iii) Gerakan total yang diukur harus melebihi 80% dari perpanjangan (elongasi) elastis teoretis dari panjang tak terikat (*unbonded length*).

Jumlah pengujian produksi untuk *soil nails* yang dites sesuai dengan Gambar atau kriteria perencanaan atau 5 % dari setiap baris *soil nails* atau minimum 1 titik pengujian tiap baris *soil nails*.

- c) Uji rangkai (*creep test*) dilakukan sebagai bagian dari pengujian verifikasi dan produksi untuk memastikan beban desain *soil nails* dapat ditahan selama waktu layanan struktur. Dalam pengujian tersebut, perpindahan *soil nails* harus diukur pada beban konstan selama periode waktu tertentu. Hasil defleksi-versus-log-time diplot pada grafik *semi-log*, dan harus dibandingkan dengan kriteria penerimaan yang disajikan dalam Tabel SKh.3.7.19.6).

Tabel SKh.3.7.19.6) Persyaratan Izin Uji Tarik Nail Bar

Interval pembacaan <i>dial gauge</i> (menit)	Pergerakan <i>nail bar</i> izin (mm)
1 - 10	1
6 - 60	2

Sumber: SNI 8460:2017

Soil nails dinyatakan lolos uji bila pergerakan *soil nails* di antara interval waktu 1 menit – 10 menit tidak melebihi 1 mm. Bila kriteria ini tidak terpenuhi, maka diperiksa untuk interval waktu 6 menit – 60 menit, pergerakan *soil nails* tidak boleh melebihi 2 mm.

Jika lebih dari 20% dari *soil nails* yang diuji tidak dapat memenuhi, *soil nails* harus dievaluasi ulang dan diuji ulang. *Soil nails* yang gagal harus diganti oleh Penyedia Jasa tanpa biaya tambahan. Kriteria penerimaan untuk pengujian tahanan tarik karakteristik *nail bar* sesuai dengan FHWA-NHI-14-007 2015. Setiap pengujian harus disaksikan oleh Pengawas Pekerjaan dengan pemberitahuan minimal 3 hari kerja sebelumnya.

SKh.3.7.19.6 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN

1) Pengukuran

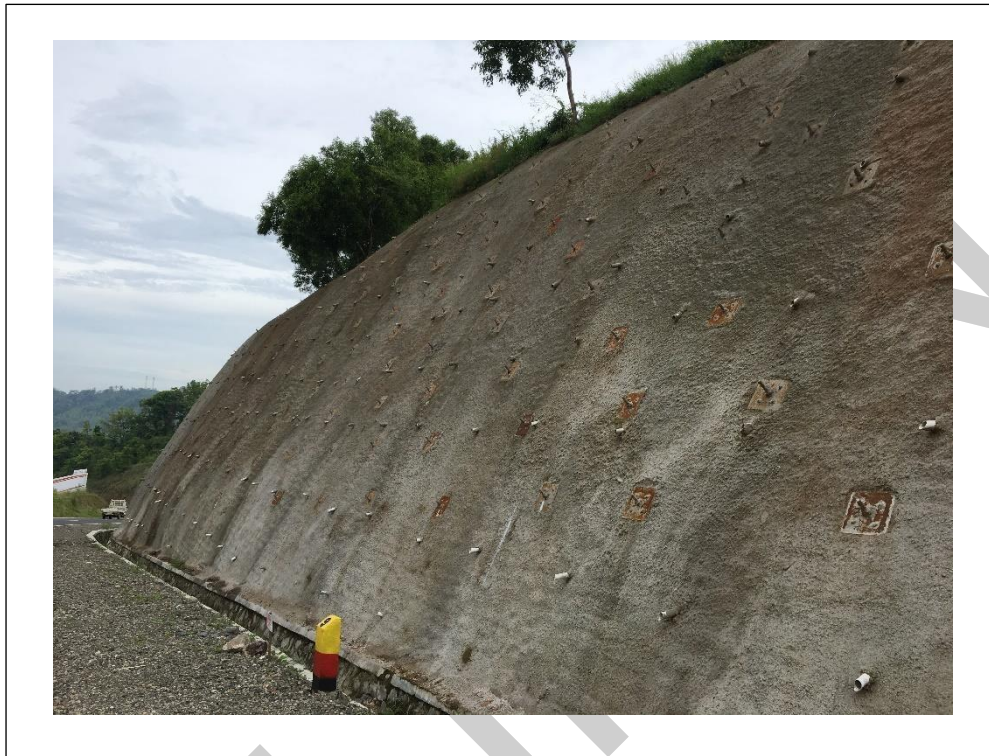
- a) Pekerjaan *soil nailing* ini sudah termasuk aksesoris yang diperlukan dan tidak terbatas pada pelat penumpu (*bearing plate*), mur pengunci (*hex nut*) dan *centralizers* yang direkomendasikan oleh pabrik;
- b) *Soil nails* diukur berdasarkan jumlah meter panjang (m¹) yang dihitung dari garis yang ditunjukkan pada gambar atau dari garis batas yang ditentukan secara tertulis oleh Pengawas Pekerjaan. Panjang yang diukur dalam Spesifikasi ini merupakan panjang tertanam sesuai dengan yang terdapat dalam Gambar. Panjang yang tertanam harus dibuktikan berdasarkan hasil pengukuran di lapangan.

2) Pembayaran

Dasar pembayaran pekerjaan *soil nailing* ini akan dihitung berdasarkan meter panjang. Pembayaran harus dianggap sebagai kompensasi penuh atas penyediaan semua peralatan, material, tenaga kerja, pengujian bahan, pengujian lapangan (uji verifikasi dan uji produksi), serta kelengkapannya untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan Spesifikasi Khusus.

Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh.3.7.19.(1)	<i>Soil Nailing</i> dengan <i>Nail Bar</i> BJTS 420 (<i>Grade</i> 60) Diameter = mm	Meter Panjang
SKh.3.7.19.(2)	<i>Soil Nailing</i> dengan <i>Nail Bar</i> BJTS 520 (<i>Grade</i> 75) Diameter = mm	Meter Panjang
SKh.3.7.19.(3)	<i>Soil Nailing</i> dengan <i>Nail Bar</i> BJTS 550 (<i>Grade</i> 80) Diameter = mm	Meter Panjang
SKh.3.7.19.(4)	<i>Soil Nailing</i> dengan <i>Nail Bar</i> <i>Grade</i> 150 Diameter = mm	Meter Panjang

LAMPIRAN
SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM
SKh.3.7.19
SOIL NAILING



Gambar SKh.3.7.19.1) Dokumentasi *Shotcrete* dan *Soil Nailing* (Lingkar Timur Jati Gede)



Gambar SKh.3.7.19.2) Detail Sekitar Kepala *Nail Bar*



Gambar SKh.3.7.19.3) Centralizers



Gambar SKh.3.7.19.4) Nail Bar



Gambar SKh3.7.19.5) Pelat Penumpu (*Bearing Plate*) dan Mur Pengunci (*Hex Nut*)