

KARAKTERISASI SITE DI LOKASI STASIUN MONITORING GEMPA PADA DUGAAN JALUR SESAR BARIBIS

Site Characterization in the Location of Earthquake Monitoring Stations on the Predicted Baribis Fault Line

Mohamad Ridwan, Muhammad Rusli, Erik Rolando Sarumpaet

Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan,
Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat,
Jalan Panyawungan Cileunyi Wetan Kab. Bandung 40393

Email : moch.ridwan@pu.go.id; m.rusli@puskim.pu.go.id; eriksarumpaet@gmail.com

Diterima : 8 Januari 2021 ; Disetujui : 14 April 2021

Abstrak

Merujuk pada beberapa publikasi sebelumnya dimana jalur sesar Baribis yang berasal dari kawasan Subang diduga masih menerus ke arah Barat mendekati kawasan Jakarta. Hal tersebut menjadi perhatian banyak ahli untuk melakukan kajian lebih detail karena dikhawatirkan akan berdampak pada beberapa kota besar di sekitarnya. Sebagai tahap awal studi adalah melakukan pemantauan kejadian gempa di sekitar dugaan jalur sesar dengan memasang seismograf untuk mengetahui aktivitas sesar. Bersamaan dengan pelaksanaan pembangunan stasiun pemantau gempa, kajian karakterisasi situs dilakukan pada setiap lokasi yaitu di Jatiluhur, Walahar, dan Cipamingkis dengan menggunakan metode Standar Penetration Test (SPT), Microtremor Array dan HVSR. Hasil uji lapangan untuk lokasi Jatiluhur diperoleh periode dominan (T) = 0,77 detik, V_{s30} = 274,17 m/detik, kedalaman batuan dasar 276 m dan NSPT30 = 40,05, di Walahar T = 0,58 detik, V_{s30} = 264,35 m/detik, kedalaman batuan dasar 305 m, NSPT30 = 15,14, sedangkan di Cipamingkis T = 0,37 detik, V_{s30} = 269,16 m/detik, kedalaman batuan dasar 190 m, NSPT30 = 35,83. Berdasarkan hasil tersebut seluruh lokasi kajian dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (kelas SD). Hasil ini dapat digunakan sebagai referensi untuk berbagai keperluan, termasuk studi amplifikasi dan analisis bahaya seismik.

Kata Kunci: Pengujian tanah, karakterisasi site, amplifikasi, monitoring gempa, jalur sesar

Abstract

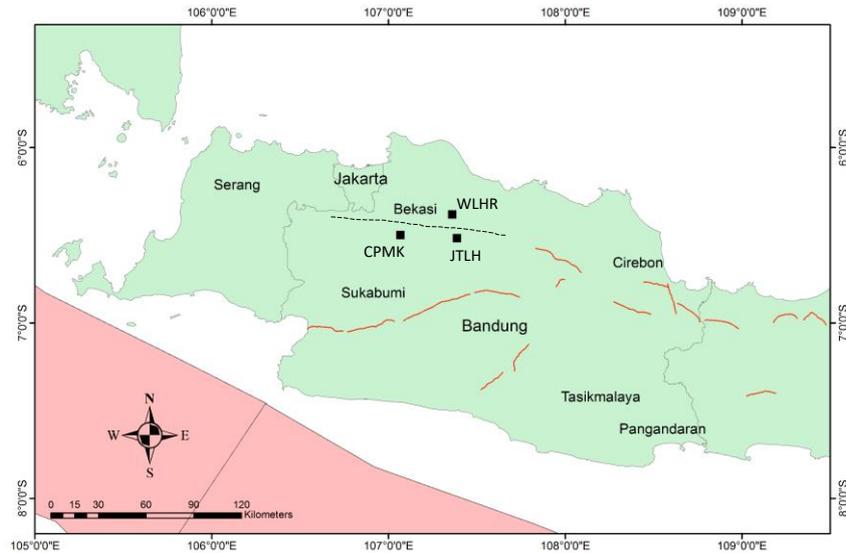
Referring to the previous publications in which the Baribis fault from Subang area is predicted still continue to the West close to Jakarta area. This has attracted the attention of many experts to conduct a more detailed study because it is feared that it will have an impact on some major cities in the vicinity. As the first step of the study is monitoring the earthquakes events around the predicted fault line by installing a seismograph to determine fault activity. Simultaneously with the construction of earthquake monitoring stations, site characterization studies were carried out at each location, namely in Jatiluhur, Walahar, and Cipamingkis using the Standard Penetration Test (SPT), Microtremor Array and HVSR methods.. The results of the field test in the location of Jatiluhur obtained a dominant period (T) = 0.77 seconds, V_{s30} = 274.17 m/sec, bedrock depth 276 m and NSPT30 = 40.05, in Walahar T = 0.58 seconds, V_{s30} = 264.35 m/sec, bedrock depth 305 m, NSPT30 = 15.14, while in Cipamingkis T = 0.37 seconds, V_{s30} = 269.16 m/sec, bedrock depth 190 m, NSPT30 = 35.83. Based on those results, all of the locations can be classified into medium soil (SD class). This result can be used as a reference for various purposes, including amplification studies and seismic hazard analysis.

Keywords : Soil testing, site characterization, amplification, earthquake monitoring, fault line

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini diskusi tentang Sesar Baribis terus berkembang karena adanya dugaan bahwa sesar tersebut menerus ke bagian barat mendekati wilayah Jakarta dimana data sebelumnya yang telah teridentifikasi dengan baik berada di wilayah timur Jawa Barat yaitu di sekitar Majalengka – Subang

seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1 (PusGen 2017). Hal ini tentunya perlu mendapat perhatian serius dari para ahli kegempaan dikarenakan dampaknya akan cukup besar terhadap kota-kota di sekitarnya. Pemantauan aktivitas kegempaan dari sesar Baribis di bagian barat merupakan salah satu upaya untuk mengetahui secara rinci keaktifan dan



Gambar 1 Peta Lokasi Pengujian Tanah (Simbol Kotak Warna Hitam), Garis Putus-Putus Warna Hitam Adalah Dugaan Jalur Sesar Baribis (Simandjuntak dan Barber 1996; Koulali et al. 2017) . Garis Warna Merah Adalah Lokasi Sesar Aktif dan Warna Merah Muda Adalah Zona Megathrust (PusGen 2017).

kemenerusan dugaan jalur sesar tersebut. Hal ini sangat penting untuk menentukan strategi dalam upaya mengurangi risiko yang ditimbulkan.

Merujuk kepada peta sumber gempa hasil studi tim PuSGeN (2017), yang mana di wilayah Jawa Barat terdapat beberapa patahan aktif yang bisa memicu gempa bumi kuat antara lain patahan: Cimandiri, Lembang, dll. Selain itu kalau melihat sejarah kegempaan di masa lalu dimana pernah dilaporkan ada beberapa kejadian gempabumi di Jawa Barat yang diduga terkait dengan aktifitas sesar lainnya yang belum teridentifikasi dengan baik tetapi memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap kota Jakarta yaitu pada 1780 dan 1834 (Nguyen et al. 2015) dimana dugaan lokasi jalur sesar tersebut memanjang dari Subang ke arah Barat (Simandjuntak dan Barber 1996; Koulali et al. 2017).

Kejadian gempa tersebut di atas merupakan indikasi adanya potensi sumber gempa disekitar Jawa Barat bagian barat, oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan terhadap aktifitas kegempaan dengan membangun stasiun monitoring gempa di sekitar dugaan jalur sesar tersebut. Hal ini merupakan salah satu upaya mitigasi dimana data-data kegempaan yang dihasilkan sangat bermanfaat untuk menambah pemahaman yang lebih rinci tentang aktifitas sesar Baribis yang tentunya sangat berpengaruh terhadap tingkat bahaya (*hazard*) gempa. Sebagai langkah awal maka telah dibangun stasiun monitoring gempa di tiga lokasi di sekitar dugaan jalur sesar Baribis yaitu di Jatiluhur, Walarah dan Cipamingkis dimana pada masing-masing lokasi dilakukan pengujian tanah

setempat. Kondisi tanah lokal ini merupakan faktor yang berkontribusi terhadap amplifikasi gelombang gempa (Chimoto et al. 2016).

Gambaran litologi untuk lokasi di Jatiluhur masuk ke dalam Formasi Jatiluhur Anggota Batupasir Kuarsa (Mdq). Formasi ini tersusun atas batupasir kuarsa dan lembar-lembar tipis muskovit dengan kandungan batugamping (Sujatmiko 1972). Sedangkan untuk lokasi Cipamingkis termasuk Formasi Subang Anggota Batulempung (Msc) yang terdiri atas batulempung yang mengandung lapisan batugamping napalan keras, napal, dan lapisan batugamping abu-abu tua setebal 2-3 m (Sujatmiko 1972). Untuk lokasi Walarah termasuk kedalam Endapan Sungai Muda (Qa) dimana formasi ini secara umum tersusun atas endapan pasir, lumpur, kerikil, dan kerakal (Achdan dan Sudana 1992).

Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian dan interpretasi kondisi geoteknik dan geologi yang meliputi identifikasi kedalaman batuan dasar dan klasifikasi situs sebagai bahan referensi untuk kepentingan analisis kegempaan dan penerapannya di bidang keteknikan.

METODE

Lokasi pengujian tanah berada di tiga tempat pemasangan alat seismograf yang dipasang di sekitar dugaan jalur sesar Baribis untuk memantau gempa-gempa yang ditimbulkannya yaitu di lokasi kawasan bendung Jatiluhur tepatnya pada koordinat -6.517°

dan 107.387°, Walar pada koordinat -6.382° dan 107.361°, dan Cipamingkis pada koordinat -6.499° dan 107.067°.

Beberapa metode uji yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik kondisi geologi dan geoteknik setempat di lokasi pembangunan stasiun seismograf adalah sebagai berikut:

Microtremor Single Station

Metode ini cukup sederhana baik dalam analisis maupun operasional di lapangan karena pada dasarnya memanfaatkan data mikrotremor sehingga tidak membutuhkan sumber getar dan durasi pengukurannya dapat dilakukan dalam waktu yang tidak terlalu lama untuk setiap lokasi uji. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui nilai periode *predominant* (T) di lokasi uji dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertikal Spectral Ratio* (HVSR).

Kurva spektrum berdasarkan hasil analisis ratio antara komponen horizontal terhadap vertikal dianggap lebih stabil dan periode *predominant* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dasar (Nakamura 2000; 2008):

$$S(\omega) \approx \frac{H(\omega)}{V(\omega)} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: S(ω) adalah *spektrum ratio*, H(ω) adalah spektrum untuk komponen horisontal, dan V(ω) adalah spektrum untuk komponen vertikal.

Microtremor Array

Aplikasi metode ini sudah banyak dilakukan dalam penyelidikan geoteknik karena operasionalnya relatif sederhana dan sangat efektif untuk menentukan profil bawah permukaan berdasarkan parameter kecepatan gelombang-S (Vs). Survei *microtremor* dengan menggunakan konfigurasi model *array* berbentuk segitiga samasisi memungkinkan untuk melakukan analisis data dengan menggunakan metode *Spatial Autocorrelation* (SPAC) (Okada 2006; Nakahara 2012), dimana penerapan metode ini sudah berhasil dilakukan di Jakarta (Ridwan et al. 2019) dan di cekungan Bandung (Pramatadie et al. 2017).

Survei *microtremor array* dilakukan dengan dua cara yaitu: survei untuk lapisan dalam dengan menggunakan *array* besar berukuran 500, 250 dan 125 m. Hal ini dilakukan untuk mengetahui ketebalan lapisan sedimen yang berada diatas batuan dasar. Durasi pengukuran *microtremor* pada setiap titik dilakukan antara 1 – 3 jam tergantung dari ukuran *array* yang merefleksikan target kedalaman dan informasi yang diperlukan. Cara yang kedua dengan menggunakan *array* kecil berukuran 30, 15 dan 7.5 m untuk mendapatkan Vs30 dan *site class*. Survei

lapisan dangkal dilakukan dengan durasi kurang lebih 45 – 60 menit.

Prosesing data dengan menggunakan metode SPAC dilakukan dengan diawali perhitungan koherensi antar stasiun dan perhitungan koefisien SPAC untuk setiap segitiga *array* dengan menggunakan persamaan:

$$\rho(r, \omega) = \frac{1}{2\pi \cdot \phi(0, \omega)} \int_0^{2\pi} \phi(r, \theta, \omega) d\theta \dots\dots (2)$$

dimana $\phi(0, \omega)$ adalah fungsi SPAC pada titik pusat *array* melingkar.

Selanjutnya perhitungan kurva dispersi melalui *Bessel function* dan estimasi struktur kecepatan gelombang-S (Vs) diperoleh dengan mengekstrak kurva dispersi gelombang Rayleigh dengan menggunakan algoritma genetika (Yamanaka dan Ishida 1996; Xing dan Mazzotti 2019).

Standar Penetration Test (SPT)

Instalasi seismograf pada setiap lokasi stasiun untuk monitoring gempa dirancang dengan menggunakan *seismic borehole* dimana sensornya ditanam di dalam lobang bor pada kedalaman 30 m, sehingga perlu dilakukan pemboran terlebih dahulu. Pada pelaksanaannya dilakukan bersamaan dengan pengujian *Standar Penetration Test* (SPT) sampai kedalaman 30 m dimana uji SPT dan juga pengambilan sampel tanah ini dilakukan pada setiap interval kedalaman 1.5 m.

Pengujian SPT adalah untuk mengetahui ketahanan tanah terhadap penetrasi (nilai N) yang didefinisikan sebagai jumlah pukulan untuk memasukkan *split spoon* sedalam 15 cm dengan menggunakan palu seberat 63,5 kg dan dijatuhkan pada ketinggian 0,76 m (Irsyam, Sahadewa, dan Daryanto 2018).

HASIL PEMBAHASAN

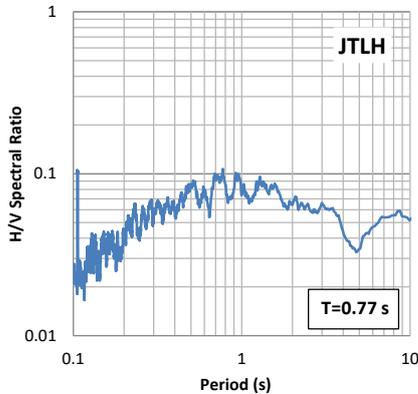
Hasil Pengujian Microtremor Single Stasion

Pengujian *microtremor single stasion* pada setiap lokasi dilakukan dengan menggunakan satu unit peralatan *Microtremor Recording Unit* (MRU) dengan sensitivitas sensor yang sangat tinggi. Durasi perekaman data lapangan masing-masing dilakukan kurang lebih selama 15 menit dan analisis data dilakukan dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

Hasil pengujian *microtremor single stasion* untuk setiap lokasi adalah sebagai berikut:

Lokasi Bendung Jatiluhur (Kab. Purwakarta)

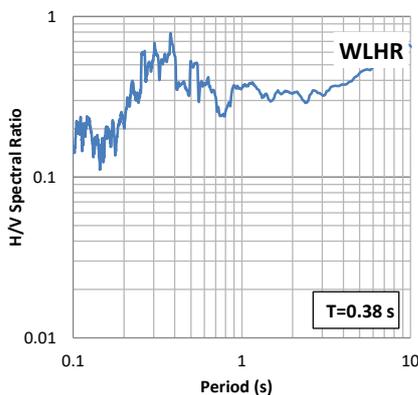
Lokasi pengujian berada tepat di lokasi pembangunan *shelter* yang berjarak beberapa ratus meter dari tubuh bendungan. Hasil pengolahan data *microtremor single stasion* di lokasi ini diperlihatkan pada Gambar 2 berupa kurva HVSR dimana pada lokasi ini diperoleh nilai periode predominan pada 0.77 detik.



Gambar 2 Kurva HVSR di Lokasi Jatiluhur

Lokasi Bendung Walahar (Kab. Karawang)

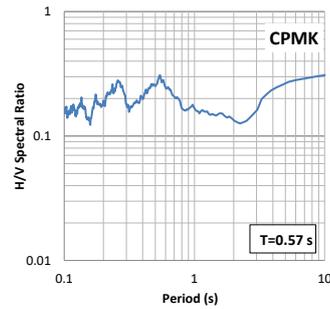
Lokasi pengujian berada di sekitar bangunan *shelter* di halaman kantor PU yang berjarak kurang dari 100 m dari tubuh bendung Walahar. Pada Gambar 3 memperlihatkan kurva HVSR hasil pengolahan data *microtremor* dilokasi bendung Walahar dimana nilai periode predominan di lokasi ini berada pada 0.38 detik.



Gambar 3 Kurva HVSR di Lokasi Walahar

Lokasi Bendung Cipamingkis (Kab. Bogor)

Lokasi pembangunan *shelter* di lokasi Cipamingkis berjarak sekitar 200 m dari tubuh bendung dan berada di pinggir sungai dimana pengujian mikrotremor dilakukan di halaman depan bangunan *shelter*. Hasil pengolahan data dengan metode Nakamura diperoleh kurva HVSR seperti diperlihatkan pada Gambar 4 dimana nilai periode predominan berada pada 0.57 detik.



Gambar 4 Kurva HVSR di Lokasi Cipamingkis

Hasil Pengujian Microtremor Array

Pengujian *microtremor array* dimaksudkan untuk mendapatkan profil tanah berdasarkan parameter kecepatan gelombang-S baik untuk lapisan dangkal maupun lapisan dalam. Lokasi titik uji *microtremor array* dilakukan pada lokasi pemboran dan SPT dengan menggunakan konfigurasi segitiga samasisi dengan ukuran *array* 30 meter untuk survei lapisan dangkal dan 500 m untuk survei lapisan dalam. Akuisisi data *microtremor* dilakukan selama 1 – 2 jam untuk setiap segitiga *array*.

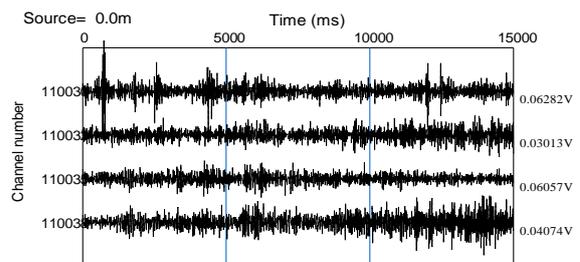
Hasil pengujian *microtremor array* untuk setiap lokasi adalah berikut ini:

Lokasi Bendung Jatiluhur (Kab. Purwakarta)

Konfigurasi *array* untuk Survei lapisan dalam di lokasi Jatiluhur dirancang dengan tiga buah segitiga samasisi seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5a, sedangkan Gambar 5b adalah contoh rekaman data *microtremor* untuk setiap stasiun pengamatan.



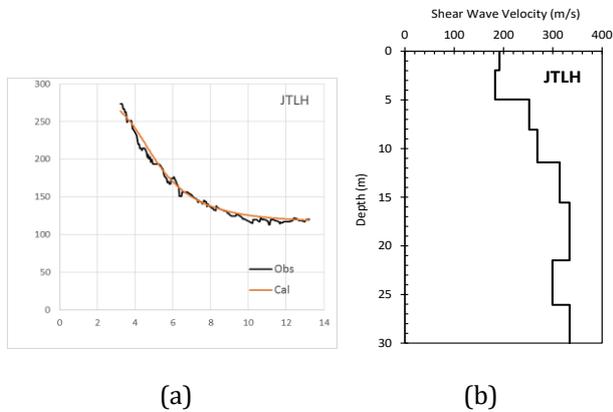
(a)



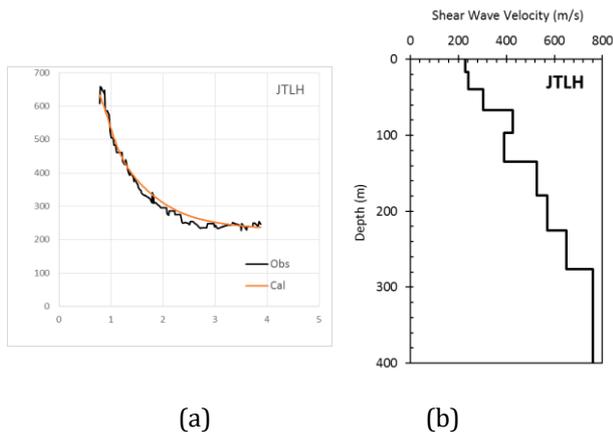
(b)

Gambar 5 (a) Konfigurasi *Array* Segitiga untuk Pengukuran Mikrotremor *Array* Lapisan Dalam dan (b) Contoh Rekaman Data Mikrotremor untuk Setiap *Array* Segitiga Di Sekitar Bendung Jatiluhur

Hasil pengolahan data diperlihatkan pada Gambar 6 yang berupa kurva dispersi dan profil Vs 1D untuk lapisan dangkal dan Gambar 7 untuk lapisan dalam. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, di lokasi Jatiluhur diperoleh kedalaman batuan dasar pada 276 m dan Vs30 diperoleh 191.1 m/s yang mana pada lokasi ini dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD)(BSN 2019).



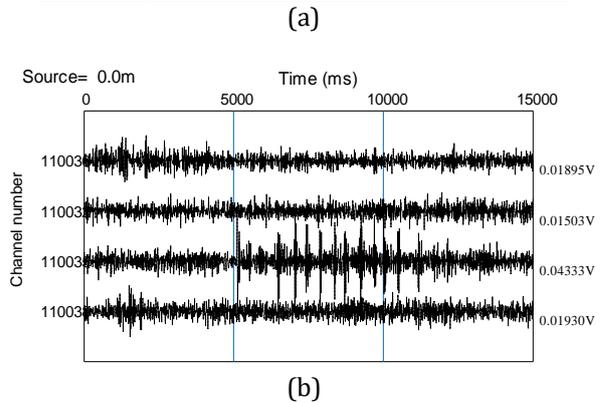
Gambar 6 Hasil Pengolahan Data di Lokasi Jatiluhur untuk Lapisan Dangkal, (a) *Fitting* Kurva Dispersi Hasil Perhitungan dan Pengukuran, (b) Profil Vs 1-D terhadap Kedalaman



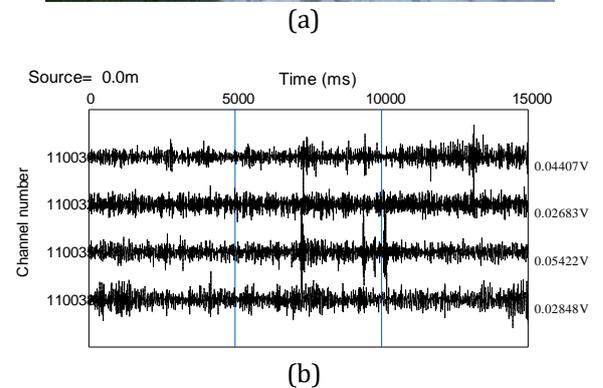
Gambar 7 Hasil Pengolahan Data di Lokasi Jatiluhur untuk Lapisan Dalam, (a) *Fitting* Kurva Dispersi Hasil Perhitungan dan Pengukuran, (b) Profil Vs 1-D terhadap Kedalaman

Lokasi Bendung Walahar (Kab. Karawang)

Gambar konfigurasi *array* di lokasi bendung Walahar diperlihatkan pada Gambar 8 yang terdiri dari 3 buah segitiga *array* dengan ukuran terbesar 500 m dan contoh rekaman data *microtremor* untuk masing-masing segitiga *array*, sedangkan untuk Survei lapisan dangkal digunakan konfigurasi *array* seperti diperlihatkan pada Gambar 9 dengan ukuran *array* segitiga besar 30 m.



Gambar 8 Konfigurasi *Array* Segitiga untuk Pengukuran Mikrotremor *Array* Lapisan Dalam dan Contoh Rekaman Data Microtremor untuk Setiap *Array* Segitiga Di Sekitar Bendung Walahar

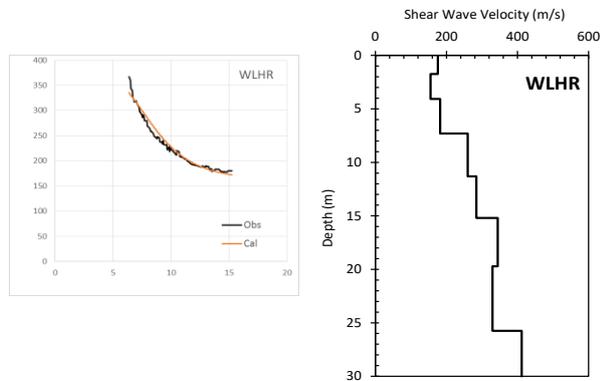


Gambar 9 (a) Konfigurasi *Array* Segitiga untuk Pengukuran Mikrotremor *Array* Lapisan Dangkal dan (b) Contoh Rekaman Data *Microtremor* untuk Setiap *Array* Segitiga Di Sekitar Bendung Walahar

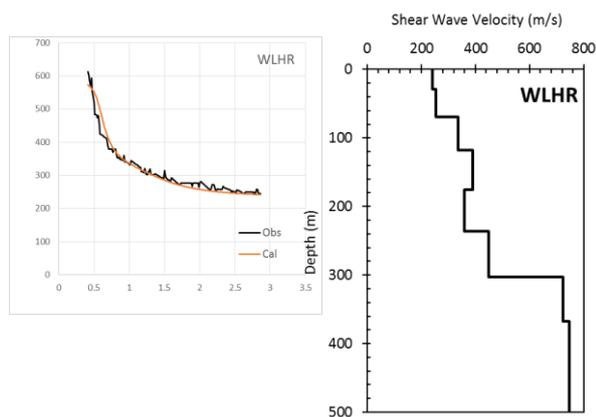
Hasil pengolahan data untuk Survei lapisan dangkal diperlihatkan pada Gambar 10 yang berupa *fitting* kurva dispersi dan profil Vs 1D sampai kedalaman

30m, sedangkan untuk lapisan dalam diperlihatkan pada Gambar 11.

Berdasarkan hasil tersebut, di lokasi bendung Walahar diperoleh posisi batuan dasar pada kedalaman 305 m dan Vs30 adalah 275,8 m/s yang dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD) (BSN 2019).



Gambar 10 Hasil Pengolahan Data di Lokasi Walahar untuk Lapisan Dangkal, (a) *Fitting* Kurva Dispersi Hasil Perhitungan dan Pengukuran, (b) Profil Vs 1-D terhadap Kedalaman

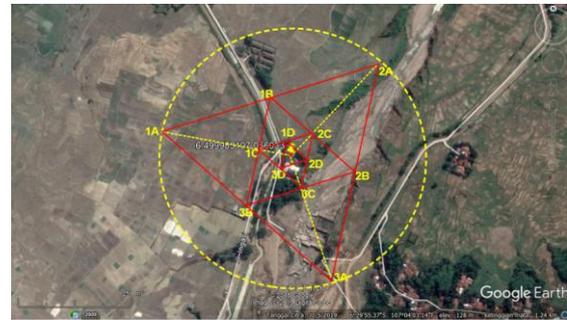


Gambar 11 Hasil Pengolahan Data di Lokasi Walahar untuk Lapisan Dalam, (a) *Fitting* Kurva Dispersi Hasil Perhitungan dan Pengukuran, (b) Profil Vs 1-D terhadap Kedalaman

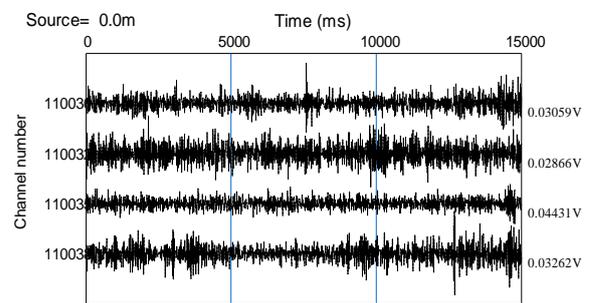
Lokasi Bendung Cipamingkis (Kab. Bogor)

Survei lapisan dalam di lokasi bendungan Cipamingkis menggunakan konfigurasi seperti diperlihatkan pada Gambar 12 dimana ukuran segitiga terbesar sama dengan lokasi lainnya yaitu 500 m, sedangkan untuk survei lapisan dangkal digunakan ukuran segitiga terbesar 30m.

Hasil pengujian *microtremor array* di lokasi bendung Cipamingkis diperoleh profil Vs 1-D seperti diperlihatkan pada Gambar 13 dimana untuk lapisan dangkal diperoleh nilai Vs30 sebesar 218,8 m/detik yang menunjukkan jenis tanah di lokasi ini dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD) (BSN, 2019), sedangkan posisi batuan dasar dengan kriteria Vs = 750 m/detik diperlihatkan pada Gambar 14 yang berada pada kedalaman sekitar 190 m.

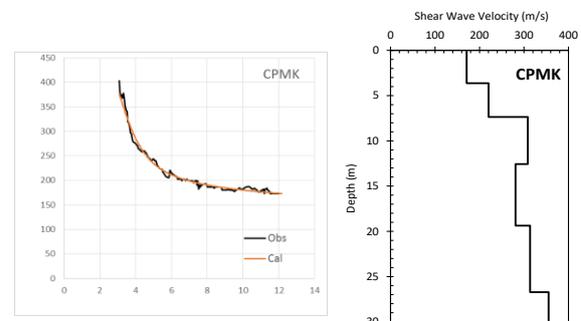


(a)

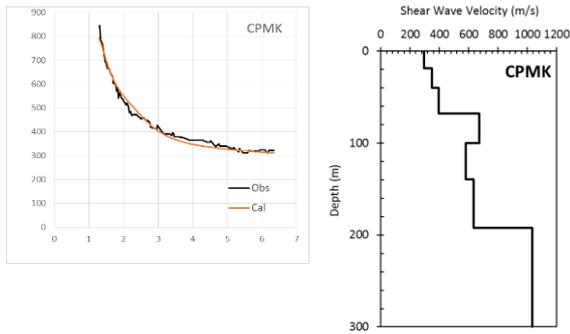


(b)

Gambar 12 (a) Konfigurasi Array Segitiga untuk Pengukuran *Microtremor Array* Lapisan Dalam dan (b) Contoh Rekaman Data *Microtremor* untuk Setiap Array Segitiga di Sekitar Bendung Cipamingkis



Gambar 13 Hasil Pengolahan Data di Lokasi Cipamingkis untuk Lapisan Dangkal, (a) *Fitting* Kurva Dispersi Hasil Perhitungan dan Pengukuran, (b) Profil Vs 1-D terhadap Kedalaman



Gambar 14 Hasil Pengolahan Data di Lokasi Cipamingkis untuk Lapisan Dalam, (a) *Fitting* Kurva Dispersi Hasil Perhitungan dan Pengukuran, (b) Profil Vs 1-D terhadap Kedalaman.

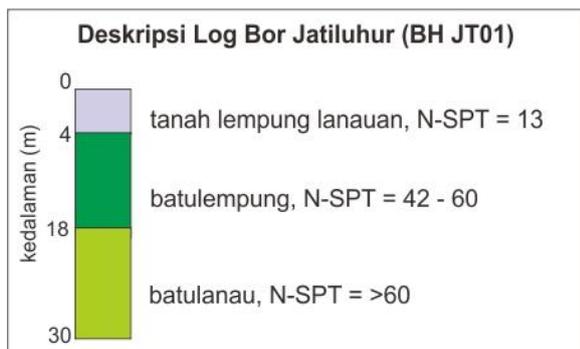
Pemboran dan Pengujian SPT

Pemboran tanah untuk instalasi *seismic borehole* dilakukan bersamaan dengan pengujian SPT sampai kedalaman 30 m dengan interval setiap kedalaman 1,5 m dan pengambilan sampel tanah untuk mendapatkan parameter-parameter tanah antara lain *relative density* atau konsistensi subsoil.

Hasil pemboran, pengujian SPT dan deskripsi lapisan tanah pada masing-masing lokasi adalah sebagai berikut:

Lokasi Bendung Jatiluhur (Kab. Purwakarta)

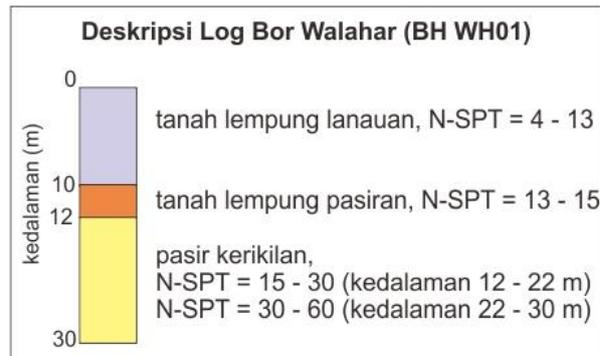
Deskripsi lapisan tanah pada kedalaman sampai 4 m berupa lapisan lempung lanauan yang kaku dengan nilai NSPT 13, selanjutnya pada kedalaman 4–18 m mayoritas berupa lempung keras dengan nilai NSPT 42–60. Kemudian pada kedalaman 18–30 m sebagian besar berupa lapisan lanau dengan nilai NSPT 60. Secara lengkap urutan lapisan tanah dan nilai NSPT diperlihatkan pada Gambar 15, dimana nilai NSPT 30 untuk lokasi ini yaitu 40,05 yang dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD) (BSN 2019).



Gambar 15 Jenis Lapisan Tanah dan Nilai NSPT di Lokasi Jatiluhur (Pusperkim 2019)

Lokasi Bendung Walahar (Kab. Karawang)

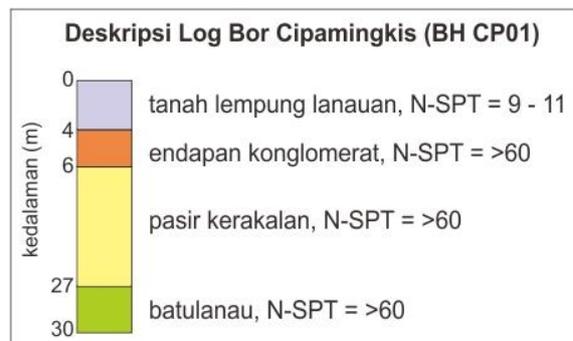
Pada lokasi ini lapisan tanah sampai kedalaman 10 m berupa lempung dan lempung lanauan dengan nilai NSPT antara 4–13. Selanjutnya pada kedalaman 10–12 m berupa lempung pasir, dan pada kedalaman 12–30 m berupa pasir kerikilan dengan kepadatan sedang-sangat padat dan nilai NSPT 15–60 dengan urutan seperti diperlihatkan pada Gambar 16. Nilai NSPT30 lokasi ini adalah 15,14 yang dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD) (BSN, 2019).



Gambar 16 Jenis Lapisan Tanah dan Nilai NSPT di Lokasi Walahar (Pusperkim 2019)

Lokasi Bendung Cipamingkis (Kab. Bogor)

Lapisan tanah di lokasi ini hingga kedalaman 4 m berupa lapisan lempung dengan nilai NSPT antara 9–11, pada kedalaman 5–10 m berupa bongkah bercampur pasir kerakalan yang sangat padat dengan nilai NSPT > 60, pada 10–27 m berupa pasir kerakalan yang sangat padat dengan nilai NSPT > 60 dan pada 27–30 m berupa batulanau padat dengan nilai NSPT > 60. Gambar 17 memperlihatkan urutan lapisan tanah dan nilai NSPT dimana nilai NSPT 30 diperoleh 35,83 yang diklasifikasikan ke dalam jenis tanah sedang (SD) (BSN 2019)

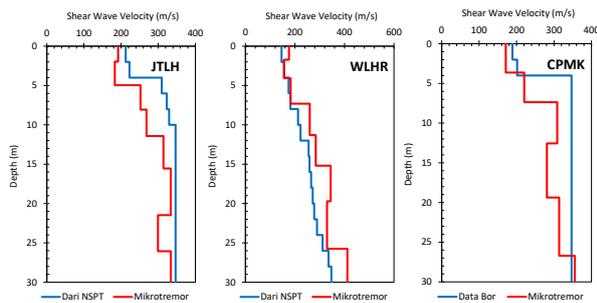


Gambar 17 Jenis Lapisan Tanah dan Nilai NSPT di Lokasi Cipamingkis (Pusperkim 2019)

Perbandingan Hasil Uji SPT dan *Mikrotremor Array*

Korelasi empiris antara SPT dan Vs menjadi sangat penting untuk menyelesaikan kekurangan data-data tanah untuk kepentingan analisis bahaya gempa untuk berbagai jenis tanah secara spesifik (Kirar, Maheshwari, dan Muley 2016; Thokchom et al. 2017). Berdasarkan hasil uji SPT dan *mikrotremor array* seperti yang telah dibahas sebelumnya menghasilkan profil tanah sampai kedalaman 30 m yang memperlihatkan gambaran kondisi bawah permukaan di setiap lokasi uji. Untuk mengetahui korelasi antara hasil uji SPT dan *mikrotremor array* maka nilai N_{SPT} dikonversi ke dalam kecepatan gelombang-S (V_s) dengan menggunakan persamaan empiris $V_s = 85,35N^{0,348}$ (Ohta dan Goto 1978).

Kurva Vs terhadap kedalaman berdasarkan hasil uji dari kedua metode tersebut memperlihatkan korelasi yang cukup baik seperti diperlihatkan pada Gambar 18 dimana kecenderungan kurvanya secara umum memperlihatkan pola yang hampir mirip, adapun perbedaan pada beberapa bagian kedalaman kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: lokasi titik uji ada jarak beberapa meter dikarenakan kesulitan menempatkan sensor di lapangan, selain itu juga akurasi data pada saat pengambilan data di lapangan sangat menentukan baik dengan metode *mikrotremor array* maupun pada saat pelaksanaan pengujian SPT.



Gambar 18 Perbandingan Profil Tanah Berdasarkan Nilai Vs dari Hasil Uji *Mikrotremor Array* dan Konversi Nilai NSPT di Lokasi Walahar, Jatiluhur, dan Cipamingkis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *mikrotremor array* dan *Standard Penetration Test* (SPT) di 3 lokasi pembangunan stasiun monitoring gempabumi diketahui kondisi geologi dan geoteknik masing-masing lokasi sebagai berikut: untuk lokasi kawasan Jatiluhur ditemukan kedalaman batuan dasar yang cukup dalam yaitu sekitar 276 m, sedangkan untuk kedalaman 30m teratas diperoleh nilai $V_{s30} = 274,17$

m/det dan $NSPT_{30} = 40,05$ dimana jenis tanahnya dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD).

Kedalaman batuan dasar pada lokasi kawasan Walahar adalah lebih dalam lagi yaitu sekitar 305 m dengan nilai $V_{s30} = 264,35$ m/det dan $NSPT_{30} = 15,14$ dimana jenis tanah ini dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD). Di lokasi berikutnya adalah lokasi Cipamingkis dimana ditemukan kedalaman batuan dasar yang cukup dalam yaitu sekitar 190 m. Lokasi ini memiliki periode *predominant* tanah 0,37 detik, nilai V_{s30} diperoleh 269,16 m/det dan $NSPT_{30} = 35,83$. Jenis tanah di lokasi ini dapat diklasifikasikan kedalam jenis tanah sedang (SD).

Parameter-parameter geologi dan geoteknik dari seluruh lokasi diatas menggambarkan karakteristik batuan dan tanah lokal yang merupakan faktor penting dalam melakukan evaluasi faktor amplifikasi dan perhitungan bahaya gempa baik yang dipicu oleh aktivitas dugaan sesar Baribis maupun sumber gempa lainnya. Dengan data-data geoteknik yang lengkap serta data-data kegempaan yang diperoleh pada setiap stasiun monitoring gempa maka akan lebih meningkatkan pemahaman tentang pengaruh tanah lokal terhadap kegempaan untuk berbagai kepentingan baik keilmuan maupun terapan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan studi ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para penelaah dan tim redaksi atas masukan konstruktif untuk penyempurnaan karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

[BSN] Badan Standar Nasional. 2019. “SNI -1726-2019: Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Rumah dan Gedung.”

[PuSGeN] Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. “Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.”

[Pusperkim] Puslitbang Perumahan dan Permukiman, Kementerian PUPR. 2019. “Pengkajian Keaktifan Sesar Baribis – Jakarta dan Interpretasi Jalur Penyebarannya, Laporan Teknis.” 2019.

- Achdan, A., dan D. Sudana. 1992. "Peta Geologi Lembar Karawang." Bandung: Direktorat Geologi Departemen Pertambangan dan Energi.
- Chimoto, K., Hi. Yamanaka, S. Tsuno, H. Miyake, dan N. Yamada. 2016. "Estimation of Shallow S-wave Velocity Structure using Microtremor Array Exploration at Temporary Strong Motion observation Stations for Aftershocks of the 2016 Kumamoto Earthquake." *Earth, Planets and Space* 68 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0581-3>.
- Irsyam, M., A. Sahadewa, dan H. Daryanto. 2018. "Dinamika Tanah dan Fondasi Mesin." ITB.
- Kirar, B., B. K. Maheshwari, dan P. Muley. 2016. "Correlation Between Shear Wave Velocity (Vs) and SPT Resistance (N) for Roorkee Region." *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering* 2 (1): 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40891-016-0047-5>.
- Koulali, A., S. McClusky, S. Susilo, Y. Leonard, P. Cummins, P. Tregoning, I. Meilano, J. Efendi, dan A. B. Wijanarto. 2017. "The Kinematics of Crustal Deformation in Java from GPS Observations: Implications for Fault Slip Partitioning." *Earth and Planetary Science Letters* 458: 69-79. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2016.10.039>.
- Nakahara, Hisashi. 2012. "Formulation of the Spatial Autocorrelation (SPAC) Method in Dissipative Media." *Geophysical Journal International* 190 (3): 1777-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2012.05591.x>.
- Nakamura, Yutaka. 2000. "Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Applications." In *Proceedings of the 12th world conference on ...*, Paper no. 2656. http://www.sdr.co.jp/papers/n_tech_and_application.pdf.
- . 2008. "On the H/V spectrum." In *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 1-10.
- Nguyen, N., J. Griffin, A. Cipta, dan P.R Cummins. 2015. *Indonesia's Historical Earthquakes: Modelled Examples for Improving the National Hazard Map*. Canberra: Geoscience Australia. <https://doi.org/10.11636/record.2015.023>.
- Ohta, Y., dan N. Goto. 1978. "Empirical Shear Wave Velocity Equations in Terms of Characteristic Soil Indexes." *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 6 (2): 167-87. <https://doi.org/10.1002/eqe.4290060205>.
- Okada, Hiroshi. 2006. "Theory of Efficient Array Observations of Microtremors with Special Reference to the SPAC Method." *Exploration Geophysics* 37 (1): 73-85. <https://doi.org/10.1071/EG06073>.
- Pramatadie, A. M., H. Yamanaka, K. Chimoto, Afnimar, K. Koketsu, Mi. Sakaue, H. Miyake, I. W. Sengara, dan I.A. Sadisun. 2017. "Microtremor Exploration for Shallow S-Wave Velocity Structure in Bandung Basin, Indonesia." *Exploration Geophysics* 48 (4): 401-12. <https://doi.org/10.1071/EG16043>.
- Ridwan, M., P. R. Cummins, S. Widiyantoro, dan M. Irsyam. 2019. "Site Characterization using Microtremor Array and Seismic Hazard Assessment for Jakarta, Indonesia." *Bulletin of the Seismological Society of America* 109 (6): 2644-57. <https://doi.org/10.1785/0120190040>.
- Simandjuntak, T. O., dan A. J. Barber. 1996. "Contrasting Tectonic Styles in the Neogene Orogenic Belts of Indonesia." *Geological Society Special Publication* 106 (106): 185-201. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.106.01.12>.
- Sujatmiko. 1972. *Peta Geologi Lembar Cianjur*. Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi Departemen Pertambangan dan Energi.
- Thokchom, S., B. K. Rastogi, N. N. Dogra, V. Pancholi, B. Sairam, F. Bhattacharya, dan V. Patel. 2017. "Empirical Correlation of SPT Blow Counts Versus Shear Wave Velocity for Different Types of Soils in Dholera, Western India." *Natural Hazards* 86 (3): 1291-1306. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2744-3>.
- Xing, Z., dan A. Mazzotti. 2019. "Two-grid Full-Waveform Rayleigh-Wave Inversion via a Genetic Algorithm - Part 1: Method and Synthetic Examples." *Geophysics* 84 (5): R805-14. <https://doi.org/10.1190/GEO2018-0799.1>.
- Yamanaka, H., dan H. Ishida. 1996. "Application of Genetic Algorithms to an Inversion of Surface-Wave Dispersion Data." *Bulletin of the Seismological Society of America* 86 (2): 436-44.