

Potensi Geologi dan Kegempaan untuk Pembangunan Jembatan Tol dan Kereta Api di Lajur Transek Padalarang - Purwakarta***Geological and Seismic Potential for the Construction of Toll and Railway Bridges in the Padalarang - Purwakarta Transect***A. Soehaimi¹, Robby Setianegara², S.R Sinung Baskoro², dan Yayan Sopyan²¹Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jln. Sangkuriang, Bandung, 40135, Jawa Barat, Indonesia²Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, KESDM, Jln. Diponegoro No.57, Bandung, 40122, Jawa Barat, Indonesia

e-mail: s.asdani@yahoo.com

Naskah diterima 11 November 2011, selesai direvisi 24 Juli 2022, dan disetujui 10 Agustus 2022

ABSTRAK

Transek geologi Padalarang-Purwakarta sesuai BSN, SNI 1726:2019 dan BSN, SNI 2833:2016, menunjukkan bahwa Padalarang dan sekitarnya terletak pada $PGA=0,3-0,4g$, $PSA S_s 0,2 dt=0,6-0,7g$ dan $PSA S_1 1 dt=0,3-0,4g$ dan Purwakarta dan sekitarnya terletak pada $PGA=0,25-0,3g$, $PSA S_s 0,2 dt=0,5-0,6g$ dan $PSA S_1 1 dt=0,25-0,3g$, pada situs SB, dengan probabilitas 7% dala 75 tahun. Hasil penilaian potensi bencana gempabumi probabilistik lajur transek ini, menunjukkan Padalarang dan Purwakarta pada kelas situs SC dan SD merupakan bagian dari zona gempabumi D ($S_{DI}>0,50g$). Gaya Gempabumi Horizontal Statis (EQ) pada kelas situs SC dan SD pada periode $T=0,1$ detik di Padalarang adalah 0,64 Wt dan 0,70 Wt dan di Purwakarta 0,68 Wt dan 0,70 Wt. Gaya Gempabumi Horizontal Statis (EQ) pada kelas situs SC dan SD untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s di Padalarang adalah 0,77 Wt dan 0,84 Wt dan di Purwakarta 0,84 Wt dan 0,84 Wt. Gaya Gempabumi Horizontal Statis (EQ) pada kelas situs SC dan SD untuk periode lebih besar dari T_s untuk 2 detik di Padalarang adalah 0,28 Wt dan 0,32 Wt dan di Purwakarta 0,27 Wt dan 0,32 Wt. Indeks potensi bencana gempabumi di lajur transek geologi Padalarang-Purwakarta ini, diharapkan dapat dijadikan data dasar penilaian potensi bencana dan risiko gempabumi untuk pembangunan jembatan kereta api dan tol.

Kata kunci: Bencana, Risiko Gempabumi, Potensi Geologi**ABSTRACT**

The geological transection of Padalarang-Purwakarta according to BSN, SNI 1726:2019 and BSN, SNI 2833:2016 shows that Padalarang and its surroundings are located at $PGA=0.3-0.4g$, $PSA S_s 0.2 second=0.6-0.7g$ and $PSA S_1 1 second=0.3-0.4g$. Meanwhile Purwakarta and its surroundings are located at $PGA=0.25-0.3g$, $PSA S_s 0.2 second=0.5-0.6g$ and $PSA S_1 1 second=0.25-0.3g$, at the SB site class, with a 7% probability at 75 years. The results of probabilistic of potential earthquake disasters assessment on this transect show that Padalarang and Purwakarta, in the SC and SD site classes, are part of the D earthquake zone ($S_{DI}>0.50g$). Horizontal Static Earthquake Forces (EQ) on site class SC and SD at period $T=0.1$ second in Padalarang and Purwakarta are 0.68 Wt and 0.70 Wt respectively. Horizontal Static Earthquake Forces (EQ) on site classes SC and SD for periods greater than or equal to T_0 and less than or equal to T_s in Padalarang are 0.77 Wt and 0.84 Wt while whereas whilst in Purwakarta 0.84 Wt and 0.84 Wt. Horizontal Static Earthquake Forces (EQ) on site class SC and SD for periods greater than T_s for 2 seconds in Padalarang are 0.28 Wt and 0.32 Wt while in Purwakarta 0.27 Wt and 0.32 Wt. The index of the potential for earthquake disasters in the Padalarang-Purwakarta geological transect is expected to be used as the basic data for assessing the potential for earthquake disasters risks for the construction of railway and toll bridges.

Keywords: Earthquake, Disaster and Risk, Geological Potential

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia telah membangun jalan tol dan meningkatkan daya guna jalan kereta api yang sudah ada antara Jakarta – Bandung. Jalan tol dan kereta api tersebut terletak di dalam Lajur Transek Geologi Padalarang-Purwakarta, yang memiliki potensi seismotektonik patahan aktif dan kegempaan. Seismotektonik patahan aktif dimaksud adalah sebagai sumber gempabumi atau *seismogenetic source*. Tujuan penilaian ini adalah menghitung besaran potensi sumber gempabumi dan pengaruhnya terhadap bangunan jembatan tol dan kereta api tersebut. Besar kecilnya potensi bencana gempabumi yang mungkin terjadi, diharapkan dapat dipakai sebagai data dasar potensi kebencanaan gempabumi dalam perencanaan jalan tol dan jembatan serta kereta api cepat di kawasan ini. Penilaian potensi kegempaan mengacu pada BSN, SNI 2833: 2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa dan BSN, SNI 1726: 2019 tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.

Ketentuan dasar mengenai jembatan sesuai BSN, SNI 2833:2016 tersebut terdiri atas jembatan sangat penting (*critical bridges*), yaitu jembatan yang harus dapat dilalui oleh semua jenis kendaraan (lalu-lintas normal) dan dapat dilalui oleh kendaraan darurat dan untuk kepentingan keamanan/pertahanan segera setelah mengalami gempa dengan periode ulang 1000 tahun; jembatan penting (*essential bridges*), yaitu jembatan yang harus dapat dilalui oleh kendaraan darurat dan untuk kepentingan keamanan/pertahanan beberapa hari setelah mengalami gempa rencana dengan periode ulang 1000 tahun; dan jembatan lainnya (*other bridges*) yakni jembatan yang masih dapat dilalui kendaraan darurat dengan lalu-lintas yang terbatas setelah mengalami gempa rencana dengan periode ulang 1000 tahun.

Mengacu pada *Peta Geologi Lembar Cianjur, skala 1:100.000* (Sudjatmiko, 1972), Lajur Transek Geologi Padalarang-Purwakarta disusun oleh batuan dari Formasi Rajamandala (Omc dan Oml) berumur Miosen Bawah, terdiri atas lempung,

napal, batupasir dan batugamping. Tidak selaras di atas batuan Formasi Rajamandala (Mts) ini dijumpai batuan dari Formasi Citarum (Miosen Tengah bagian Atas) terdiri atas batupasir dan batulanau. Selaras di atas Formasi Citarum dapat dijumpai batuan dari Formasi Jatiluhur (Mdm) berumur Miosen Tengah bagian atas, yang terdiri atas napal dan batupasir kuarsa. Menutupi selaras di atas batuan Formasi Jatiluhur di daerah ini dijumpai batuan dari Formasi Cantayan (Mttc dan Mtts) berumur Miosen Atas, terdiri atas batulempung, napal dan batupasir (Mttc) dan batupasir, serpih dan lempung napal (Mtts). Tidak selaras di atas batuan berumur Miosen ini dijumpai batuan berumur Pliosen berupa batuan gunungapi terdiri atas breksi tufaan, lava, batupasir dan konglomerat (Pb) dan lava andesit (Pl). Tidak selaras di atas batuan berumur Pliosen ini dijumpai batuan gunungapi tua berumur Plistosen Bawah, berupa endapan danau (Qol) dan breksi, lahar dan lava (Qob). Batuan Gunungapi Muda di lajur transek ini dijumpai berupa bongkah-bongkah basal (Qyc) serta breksi dan lahar Gunung Gede (Qyg), dan keduanya memiliki kedudukan stratigrafi selaras. Kolom stratigrafi daerah ini terlihat dalam Gambar 1.

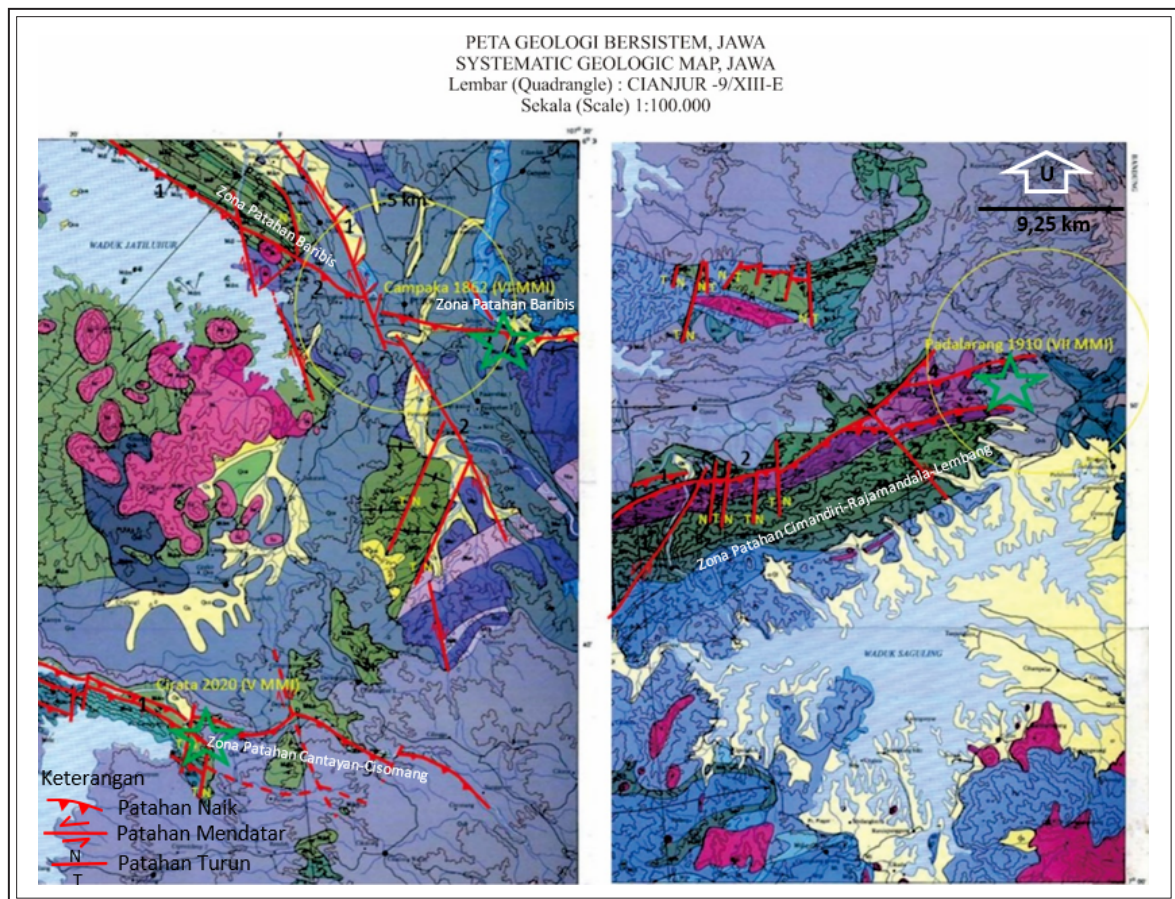
Struktur geologi daerah ini dijumpai berupa kekar, lipatan dan patahan. Kekar dijumpai berupa kekar tarik dan kekar gerus, umumnya terjadi akibat adanya dinamika perlipatan dan patahan. Lipatan dijumpai berupa lipatan antiklin dan sinklin, dengan arah sumbu relatif barat-timur. Sedangkan patahan dijumpai berupa patahan naik, mendatar dan turun. Patahan naik memiliki arah umum barat-timur dan umumnya terpatahkan oleh patahan mendatar dengan arah relatif utara-selatan. Patahan turun dijumpai sebagai patahan sekunder dari patahan mendatar atau sebagai patahan turun akibat proses kesetimbangan pada zona patahan utama naik dan mendatar. Peta geologi Lajur Transek Padalarang-Purwakarta terlihat dalam Gambar 2.

Kegempaan wilayah transek Padalarang-Purwakarta bersumber dari aktivitas tunjaman Selatan Jawa Barat antara lempeng Samudera Hindia-Australia dengan lempeng Benua Eropa-Asia

Potensi Geologi dan Kegempaan untuk Pembangunan Jembatan Tol dan Kereta Api
di Lajur Transek Padalarang - Purwakarta

UMUR GEOLOGI		FORMASI/SATUAN		FASIES
ZAMAN	KALA			
KWARTER	HOLOSEN	Hasil Gunung api muda	(Qyg)	Breksi dan lahar dari Gn.Gede (Qyg)
			(Qyc)	Bukit-bukit kecil terutama dari bongkah basal (Qyc)
	PLEISTOSEN	Hasil Gunung api Tua	(Qob)	Breksi, lahar, lav (Qob)
			(Qol)	Endapan danau di (Qol)
TERSIER	PLIOSEN	Batuan Gunung api dan Batuan sedimen	Pb	Breksi tufaan, lava, baupasir, konglomerat (Pb)
			Pl	Lava andesit (Pl)
	MIOSEN	Formasi Citayan	(Mts)	Batupasir, serpih lempung napal (Mts)
			(Mtc)	Lempung, napal, batupasir (Mtc)
		Formasi Jatiluhur	Mdm	Napal, batupasir kwarsa (Mdm)
		Formasi Citarum	(Mts)	Batupasir, batulanau (Mts)
		Formasi Rajamandala	Omc	Lempung, napal, batupasir kwarsa (Omc)
			Oml	Batugamping (Oml)

Gambar 1. Kolom stratigrafi litologi daerah lajur transek Padalarang-Purwakarta, modifikasi dari peta geologi lembar Cianjur oleh Sudjatmiko,1972.



Gambar 2. Peta geologi lajur transek Padalarang-Purwakarta, modifikasi dari peta geologi lembar Cianjur oleh Puslitbang Geologi/Pusat Survei Geologi, 1972.

dan kegempaan bersumber dari kerak lempeng Benua bagian atas akibat aktivitas patahan-patahan aktif (< 30 Km). Gempabumi patahan aktif

di wilayah ini, berasosiasi dengan patahan aktif Cimandiri-Rajamandala-Lembang, Patahan Aktif Baribis, Patahan Aktif Pasir Cantayan-

Cisomang. Gempabumi merusak yang pernah terjadi dan berasosiasi dengan patahan aktif tersebut di atas adalah Gempabumi Padalarang 1910, dengan intensitas VII MMI di Rajaman-dala dan Tagogapu; Gempabumi Campaka Purwakarta 1862, dengan intensitas VI MMI di Purwakarta; Gempa bumi Sukaraja tahun 1982, dengan intensitas VII MMI di Kecamatan Sukaraja, Sukabumi; Gempabumi Gunung Halu 2015, intensitas VI MMI di Kecamatan Gunung Halu; Gempabumi Lembang 1999 dan 2011, intensitas IV MMI di Bandung Utara (BMKG, 2019) (Tabel 1). Peta Kegempaan Sunda Timur (BMKG, 2019) terlihat dalam Gambar 3.

Potensi kegempaan untuk Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempabumi sesuai SNI 2833:2016, mengacu pada peta percepatan puncak (PGA) dan peta respons spektra percepatan (PSA) 0,2 detik dan 1 detik di klas situs SB (batuan) yang mewakili potensi bahaya (*level*

hazard) gempabumi 1000 tahun atau dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Ketiga peta potensi kegempaan tersebut di atas, seperti terlihat dalam Gambar 4, 5 dan 6. Berdasarkan peta tersebut menunjukkan rencana lajur trase jalan tol dan kereta api di dalam transek geologi Padalarang-Purwakarta, menunjukkan Purwakarta dan sekitarnya terletak pada $PGA=0,25-0,3g$, $PSA S_0,2 dt=0,5-0,6g$ dan $PSA S_1 dt=0,25-0,3g$. Padalarang (Tagogapu) dan sekitarnya terletak pada $PGA=0,3-0,4g$, $PSA S_0,2 dt=0,6-0,7g$ dan $PSA S_1 dt=0,3-0,4g$. Peta potensi bencana gempabumi 1000 tahun pada situs SB, dengan probabilitas 7% dalam 75 tahun (SNI 1726:2019) dapat dilihat dalam Gambar 4, 5 dan 6.

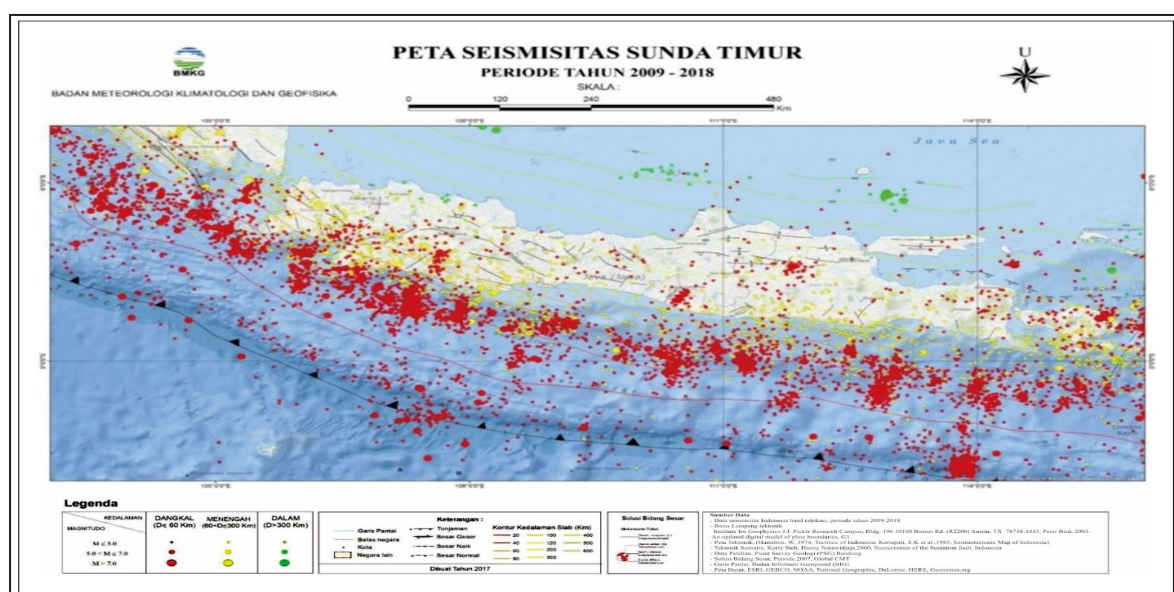
Potensi kegempaan Patahan Aktif terhadap trase jalan dan jembatan di Tagogapu dan Purwakarta pada radius 5 hingga 10 km dihitung berdasarkan rumus Papazachos drr, 2004 dan percepatan gempabumi dengan GMPE dari Fukushima dan Tanaka (1991,1992) sebagai berikut:

$$\text{Log } L = 0.59M - 2.30, \sigma = 0.14, 6.0 \leq M \leq 8.0 \quad (\text{Patahan Mendatar}) \dots\dots\dots (1)$$

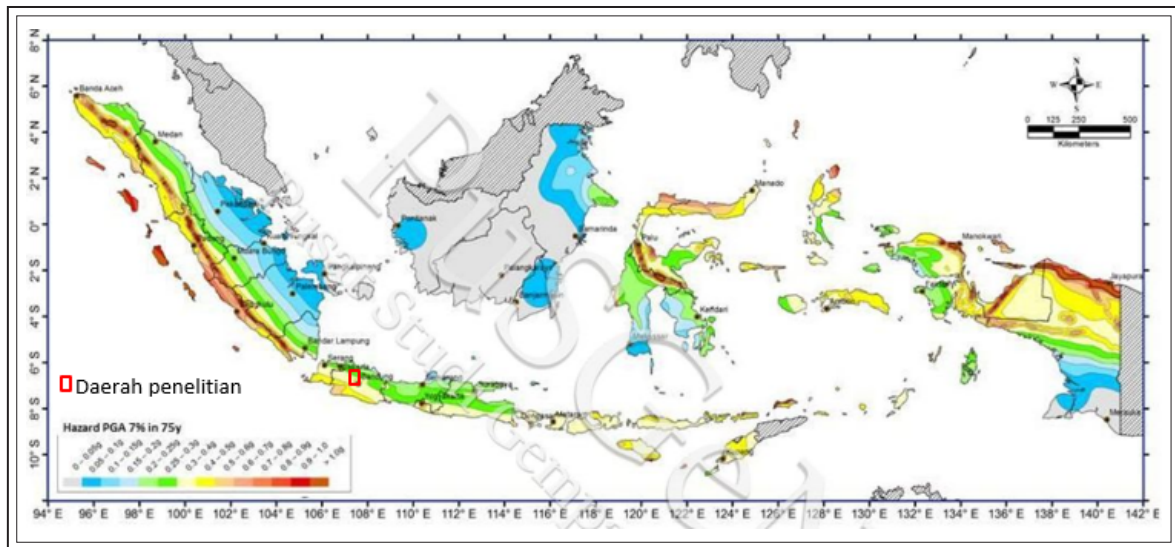
$$\text{Log } L = 0.50M - 1.86, \sigma = 0.13, 6.0 \leq M \leq 7.5 \quad (\text{Patahan Naik}) \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 1. Gempabumi Merusak (BMKG,2019)

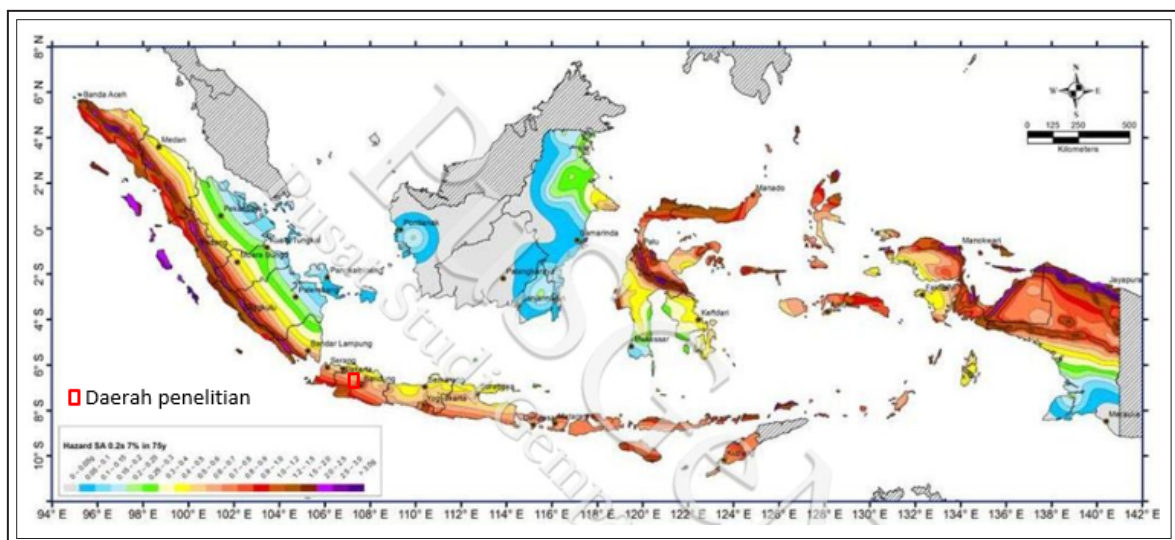
Gempabumi	Tahun	Intensitas
1.Padalarang	1910	VII MMI
2.Campaka Purwakarta	1862	VI MMI
3.Sukaraja,Sukabumi	1982	VII MMI
4.Gununghalu	2015	VI MMI
5.Lembang	1999,2011	IV MMI



Gambar 3. Peta kegempaan Sunda Timur (BMKG, 2019).



Gambar 4. Peta percepatan puncak (PGA) Indonesia, pada klas situs SB, 7% probabilitas dalam 75 tahun (BSN, SNI 1726:2019).



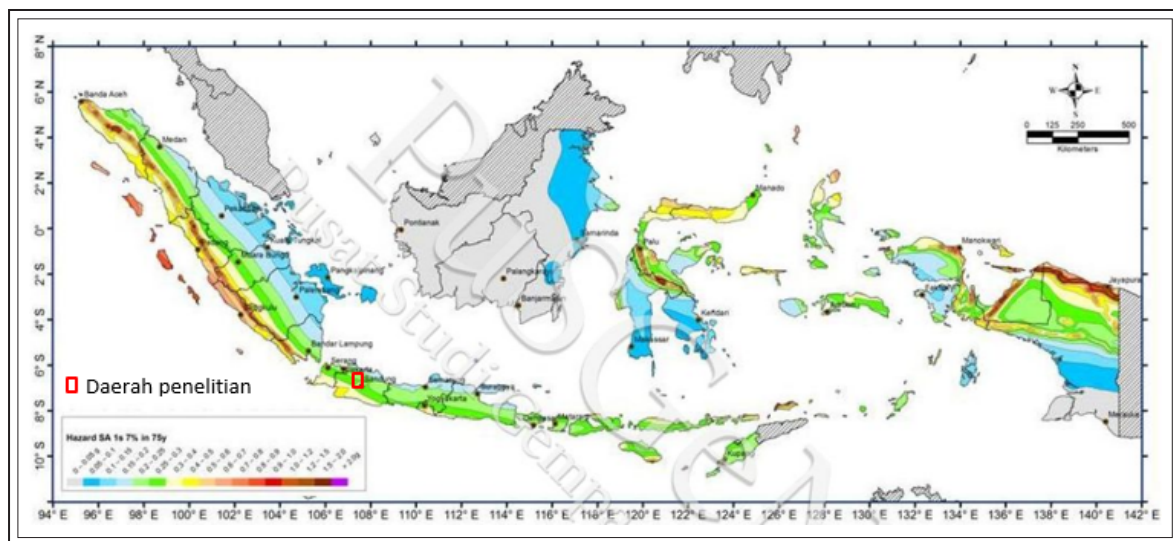
Gambar 5. Peta respon spektrum percepatan (PSA) Indonesia, pada perioda getar 0,2 detik di klas situs SB, 7% probabilitas dalam 75 tahun (BSN, SNI 1726:2019).

$$\text{Log} A_{\text{Max}} = 0.41 M_s - \log (R + 0.032 * 10^{0.41 M_s}) - 0.0034 R + 1.30 \dots\dots\dots (3)$$

Di mana A adalah percepatan puncak rata-rata pada dua komponen horizontal dalam g dan M_s = Kekuatan gempa bumi di permukaan serta R = Jarak terdekat dari zona patahan dalam km. PGA (*peak ground acceleration*/percepatan tanah puncak) trase lintasan Jembatan Tol & KA di daerah Padalarang (Tagogapu) dari pengaruh segmentasi patahan naik Rajamandala 4

(Panjang=9,2km, Kekuatan=5,65Mw~5,76 Ms, Pergeseran rata-rata= 0,09 cm, Jarak=5 km) adalah 0,36 g. PGA trase lintasan jembatan tol dan kereta api di daerah Purwakarta dari pengaruh segmentasi patahan naik Baribis 3 (Panjang=8,9 km, Kekuatan=5,62Mw~5,72 Ms, Pergeseran rata-rata=0,09 cm, Jarak 5 km) adalah 0,35 g.

Kajian dan analisis untuk pengaruh kegempaan terhadap jalan dan jembatan tol, mengacu pada BSN, SNI 2833 : 2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa dan BSN, SNI



Gambar 6. Peta respon spektrum percepatan (PSA) Indonesia, pada periode getar 1 detik di klas situs SB, 7% probabilitas dalam 75 tahun (BSN, SNI 1726:2019).

1726 : 2019 tentang Tatacara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung. Beberapa parameter penting yang dipakai sebagai rujukan dalam analisis ini adalah Kelas Situs Batuan (BSN, SNI 1726 : 2019) (Tabel 2), Faktor Amplifikasi (BSN, SNI 2833:2016) (Tabel 3 dan 4), Faktor Modifikasi Respon/R (BSN, SNI 2833:2016) (Tabel 5 dan 6).

Penilaian potensi bencana gempabumi terhadap jalan dan jembatan tol, mengacu pada data dasar geoteknik milik PT. Jasa Marga (2020) di daerah

Padalarang dan peta Vs30 regional serta Vs30 lokal di daerah Purwakarta (PVMBG, 2018). Mengacu pada penampang NSPT Jasa Marga, daerah Padalarang dan sekitarnya terletak pada $N < 60$ (kelas situs SD/tanah sedang) dan $N > 60$ (kelas situs SC/tanah keras). Peta Vs30 regional dan peta Vs30 lokal (PVMBG, 2018) daerah Purwakarta dan sekitarnya terletak pada daerah dengan Vs30 rendah 0 – 400 m/det atau pada kelas situs SD dan SC. Peta Vs30 dan penampang NSPT daerah ini terlihat dalam Gambar 7.

Tabel 2. Kelas situs batuan (BSN, SNI 2833:2016 & 1726:2019)

Kelas Situs	$\bar{v}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut:			
Indeks plastisitas, $PI > 20$, Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan $\bar{S}_u < 25$ kPa			
Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti:			
- Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah			
- Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m)			
- Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$)			
- Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m			
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik			

Tabel 3. Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a) (BSN, SNI 2833:2016)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

PGA : percepatan puncak batuan dasar sesuai peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (Gambar 1)
 S_s : parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai dengan gambar 2

SS : lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

Tabel 4. Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) (BSN, SNI 2833:2016)

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

S_1 : parameter respon spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sesuai dengan gambar 3

SS : lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

Tabel 5. Faktor modifikasi respon (R) untuk bangunan bawah (BSN, SNI 2833:2016)

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang	1,5	2,0	3,0
Tiang vertikal	1,5	1,5	2,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit	1,5	3,5	5,0
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	3,5	5,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Tabel 6. Faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur (BSN, SNI 2833:2016)

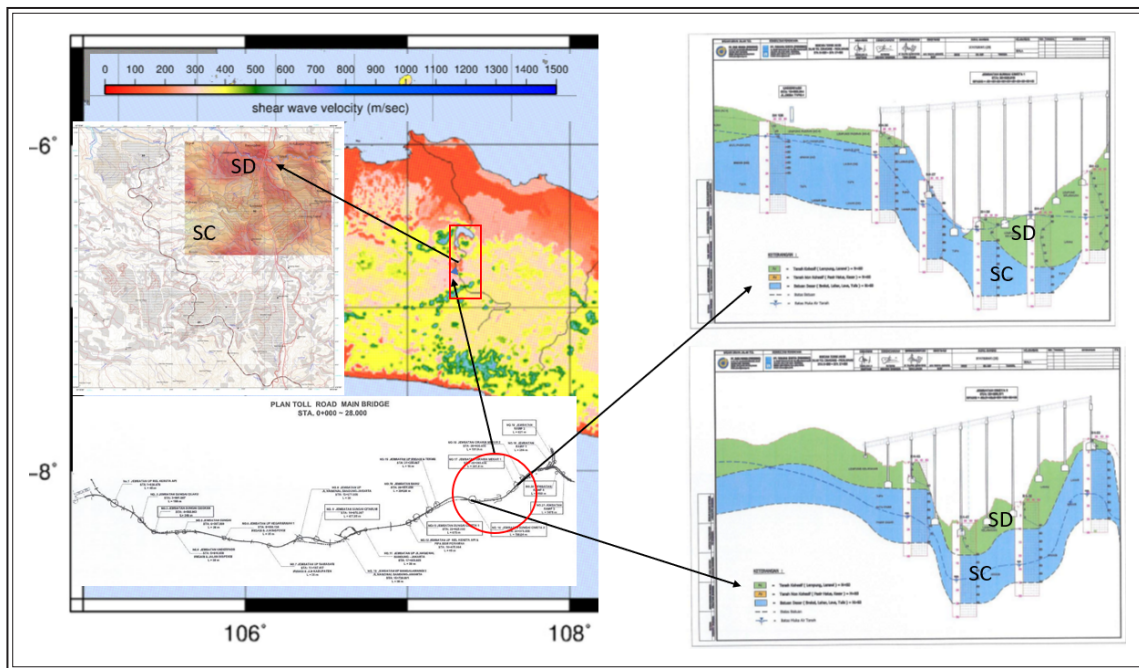
Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

Untuk mengetahui respon dinamika batuan dan tanah setempat terhadap guncangan tanah akibat gempabumi probabilistik, telah dianalisis parameter guncangan tanah dan respon spektral

elastisnya, seperti terlihat dalam Tabel 7 hingga 10.

Untuk mengetahui kinerja seismik pada setiap lokasi infrastruktur harus ditentukan terlebih dahulu pada zona gempabumi di mana infrastruktur tersebut berada. SNI 2833:2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempabumi telah menetapkan zona gempabumi berdasarkan indek percepatan spektra periode 1 detik (S_{DI}), seperti terlihat pada Tabel 11.

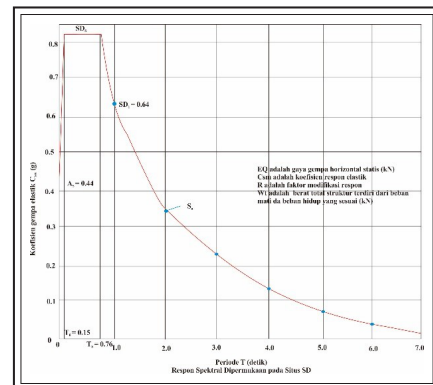
Percepatan spektra periode 1 detik (S_{DI}) di daerah Padalarang pada kelas situs SD (0,64 g) dan



Gambar 7. Penampang geoteknik bawah permukaan daerah Padalarang (PT. Jasa Marga, 2020) dan peta Vs30 daerah Purwakarta (PVMGB, 2018).

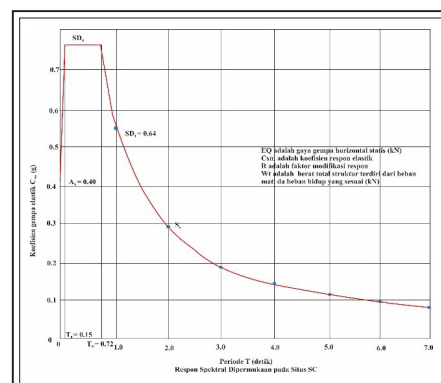
Tabel 7. Parameter Guncangan Tanah dan Respon Spektral Elastis Probabilistik $S_s=0,70g$ & $S_1=0,40g$ Kelas Situs SD di Padalarang (Tagogapu)

Parameter	Nilai
S_s	0,70
S_1	0,40
PGA	0,40
$S_{DS} = F_a \cdot S_s = 1,2 \times 0,70$	0,84
$S_{D1} = F_v \cdot S_1 = 1,6 \times 0,40$	0,64
$S_a = S_{D1} : T = 0,64 : 0,2$	3,2
$A_s = F_{PGA} \cdot PGA = 1,1 \times 0,40$	0,44
$T_0 = 0,2 \quad T_s = 0,2 \times 0,76$	0,15
$T_s = S_{D1} : S_{DS} = 0,64 : 0,84$	0,76



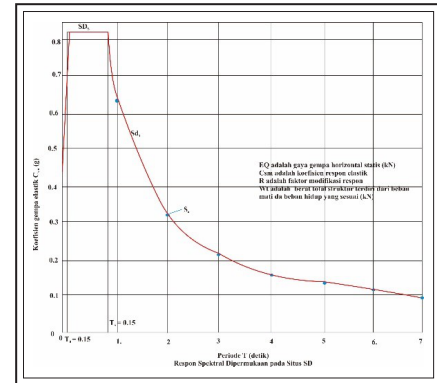
Tabel 8. Parameter Guncangan Tanah dan Respon Spektral Elastis Probabilistik $S_s=0,70g$ & $S_1=0,40g$ Kelas Situs SC di Padalarang (Tagogapu)

Parameter	Nilai
S_s	0,70
S_1	0,40
PGA	0,40
$S_{DS} = F_a \cdot S_s = 1,1 \times 0,70$	0,77
$S_{D1} = F_v \cdot S_1 = 1,4 \times 0,40$	0,56
$S_a = S_{D1} : T = 0,56 : 0,2$	2,8
$A_s = F_{PGA} \cdot PGA = 1 \times 0,40$	0,40
$T_0 = 0,2 \quad T_s = 0,2 \times 0,72$	0,14
$T_s = S_{D1} : S_{DS} = 0,56 : 0,77$	0,72



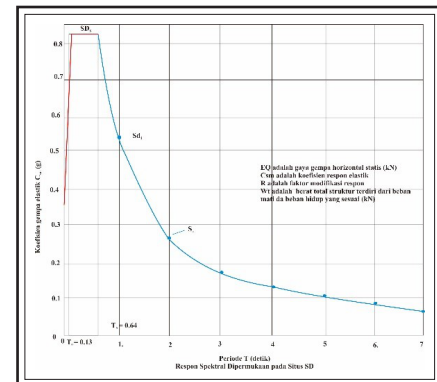
Tabel 9. Parameter Guncangan Tanah dan Respon Spektral Elastis Probabilistik $S_s=0,60g$ & $S_1=0,30g$ Kelas Situs SD di Purwakarta dsk

Parameter	Nilai
S_s	0,60
S_1	0,30
PGA	0,30
$S_{DS} = F_a \cdot S_s = 1,2 \times 0,70$	0,84
$S_{D1} = F_v \cdot S_1 = 1,6 \times 0,40$	0,64
$S_a = S_{D1} \cdot T = 0,64 : 0,2$	3,2
$A_s = F_{PGA} \cdot PGA = 1,1 \times 0,40$	0,44
$T_0 = 0,2 \cdot T_s = 0,2 \times 0,76$	0,15
$T_s = S_{D1} \cdot S_{DS} = 0,64 : 0,84$	0,76



Tabel 10. Parameter Guncangan Tanah dan Respon Spektral Elastis Probabilistik $S_s=0,60g$ & $S_1=0,30g$ Kelas Situs SC di Purwakarta dsk

Parameter	Nilai
S_s	0,60
S_1	0,30
PGA	0,30
$S_{DS} = F_a \cdot S_s = 1,4 \times 0,60$	0,84
$S_{D1} = F_v \cdot S_1 = 1,8 \times 0,30$	0,54
$S_a = S_{D1} \cdot T = 0,54 : 0,2$	0,27
$A_s = F_{PGA} \cdot PGA = 1,2 \times 0,30$	0,36
$T_0 = 0,2 \cdot T_s = 0,2 \times 0,64$	0,13
$T_s = S_{D1} \cdot S_{DS} = 0,54 : 0,84$	0,64



Tabel 11. Zonasi gempabumi (SNI 2833:2016)

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona Gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

SC (0,56g) dan di daerah Purwakarta pada kelas situs SD (0,64g) dan SC (0,54 g), menunjukkan kedua daerah tersebut terletak pada Zona Gempabumi 4.

Zonasi gempabumi tersebut di atas menggambarkan variasi risiko gempabumi yang digunakan untuk penentuan metode analisis, panjang tumpuan minimum, detail perencanaan kolom, serta prosedur desain fondasi dan kepala jembatan.

Beban gempabumi di lokasi bersitus SC dan SD di kedua wilayah di Padalarang dan Purwakarta adalah gaya gempabumi horizontal statis, yang ditentukan berdasarkan perkalian dan pembagian antara koefisien respon gempabumi elastic (C_{sm}) dengan pembagian dengan faktor modifikasi respon (R) dan dikalikan berat struktur ekuivalen dengan rumus sebagai berikut :

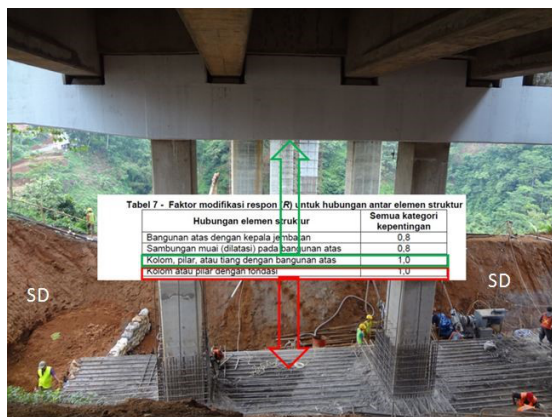
$$Eq = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t \dots\dots\dots (4)$$

C_{sm} (koefisien respon gempabumi elastic), untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respon elastic C_{sm} adalah $(S_{DS} - A_s) T/T_0 + A_s$ dengan A_s dan Faktor Modifikasi Respon = 1 (hubungan kolom, pilar atau tiang dengan bangunan atas dan fondasi), Gaya Gempabumi Horizontal Statis (EQ) yang terjadi pada kelas situs SC dan SD untuk di Padalarang adalah 0,64 W_t dan 0,70 W_t

dan di Purwakarta 0,68 Wt dan 0,70 Wt untuk periode $T=0,1$ detik.

C_{sm} (respons spektra percepatan) untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s adalah sama dengan S_{DS} dan Faktor Modifikasi Respon = 1 (hubungan kolom, pilar atau tiang dengan bangunan atas dan fondasi), Gaya Gempabumi Horizontal Statis (EQ) yang terjadi pada kelas situs SC dan SD untuk di Padalarang adalah 0,77 Wt dan 0,84 Wt dan di Purwakarta 0,84 Wt dan 0,84 Wt.

C_{sm} (respons spektra percepatan) untuk periode lebih besar dari T_s untuk 2 detik adalah $S_{D1}/2$ dan Faktor Modifikasi Respon = 1 (hubungan kolom, pilar atau tiang dengan bangunan atas dan fondasi), Gaya Gempabumi Horizontal Statis (EQ) yang terjadi pada kelas situs SC dan SD untuk di Padalarang adalah 0,28 Wt dan 0,32 Wt dan di Purwakarta 0,27 Wt dan 0,32 Wt. Contoh kinerja gaya gempabumi horizontal pada pilar seperti terlihat dalam Gambar 8.



Gambar 8. Contoh kinerja gaya gempabumi horizontal pada pilar hubungan antar elemen struktur (Jembatan Tol Cisomang Km 100 + 700). Foto A. Soehaimi (2017).

KESIMPULAN

Potensi bencana gempabumi probabilistik di lajur transek geologi Padalarang-Purwakarta menunjukkan infrastruktur pada kelas situs SC dan SD di daerah Padalarang dan Purwakarta terletak zona gempabumi D ($S_{D1} > 0,50g$). Gaya gempabumi horizontal statis pada hubungan pilar dengan fondasi dan pilar dengan bangunan

atas pada kelas situs tersebut di atas terbesar terjadi pada periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , menengah pada periode lebih $< T_0$, terendah pada periode lebih $> T_s$. Pemilihan kelas situs dalam membangun tumpuan fondasi pilar jembatan, sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya gaya gempabumi horizontal yang akan terjadi akibat geuncangan gempabumi. Disarankan untuk dilakukan penilaian geoteknik (NSPT) dan Seismik (V_{s30}) terhadap lokasi fondasi jembatan sangat dianjurkan dan dibutuhkan untuk menentukan kelas situs batuan/tanah sebagai kedudukan fondasi. Penilaian terhadap potensi gempabumi deterministik dari pengaruh patahan aktif pada radius < 10 km, sebaiknya dilakukan. Demikian juga halnya dengan potensi kegempaan probabilistik lebih rinci di sepanjang lajur transek geologi Padalarang-Purwakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada seluruh teman-teman sejawat dalam Koordinasi Pemetaan di Pusat Survei Geologi, atas kerja sama dan bantuannya sehingga kajian bersifat terapan ini dapat disusun. Harapannya, kajian ini dapat dipakai sebagai data dasar dalam perencanaan khususnya infrastruktur Jembatan. Ucapan terima kasih juga kami tujukan kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas dukungannya, sehingga kajian ini dapat terselenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2019. SNI 1726: 2019 tentang Tatacara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. SNI 2833:2016 tentang Perencanaan jembatan terhadap beban gempa
- BMKG, 2019. Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak, 1821 – 2018, Pusat Gempabumi dan Tsunami, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 279 hal.

- Fukushima, Y. and T. Tanaka, 1990. A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 80, 4, 757-783.
- Fukushima, Y. and T. Tanaka, 1991. A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, *Shimizu Technical Research Bulletin*, 10, 1-11.
- Kementerian PUPR, 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa bumi Indonesia, 2017, Kementerian PUPR, 2017.
- Sudjatmiko, 1972. Peta Geologi Lembar Cianjur, skala 1: 100.000, Puslitbang Geologi, 1972 terbit.
- PVMBG, 2018. Peta Vs30 daerah Walini, tidak terbit.
- Papazachos., B.C., Scordillis,E.M., Panagiotopoulos, D.G., Papazachos, C.B and Karakaisis, G.F, 2004. Global relations between seismic fault parameter and moment magnitude of earthquake, *Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXVI*, 2004 *Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki*, April 2004.