

# PEMETAAN POTENSI LIKUIFAKSI DI KOMPLEKS CANDI PRAMBANAN

Tri Wahyu Kuningsih<sup>1\*</sup>, Dwi Novi Wulansari<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta  
Jalan Sunter Permai Raya, Jakarta 14350

\*Email: [triwahyukuningsih@yahoo.co.id](mailto:triwahyukuningsih@yahoo.co.id)

## Abstrak

Salah satu dampak dari terjadinya gempa bumi adalah likuifaksi. likuifaksi adalah fenomena hilangnya kekuatan lapisan tanah akibat getaran gempa. Efek dari gerakan gelombang gempa bumi di dalam tanah akan bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Dalam penelitian ini memetakan potensi likuifaksi pada Kawasan Candi prambanan dengan menggunakan metode Liquefaction Potential Index (LPI), Liquefaction Severity Index (LSI) dan Liquefaction Risk Index (LRI). Tiga metode yang sering digunakan untuk mengetahui karakteristik pengaruh gerakan gelombang tersebut dan kaitannya dengan kedalaman tanah terhadap potensi likuifaksi untuk suatu lokasi tertentu dengan output data berupa peta potensi likuifaksi. Hasil penelitian ini di Kawasan Candi Prambanan potensi likuifaksi kecil bahkan sangat kecil.

**Kata kunci:** likuifaksi, pemetaan, Kawasan Candi Prambanan

## 1. PENDAHULUAN

Pada umumnya, fenomena likuifaksi terjadi pada lapisan tanah granuler (kepasiran) yang jenuh air dan menerima beban siklik akibat gempa. Getaran gempa mengakibatkan partikel tanah berkontraksi, dan karena berlangsung begitu cepat dalam kondisi tak terdrainase (*undrained*), hal tersebut memicu naiknya tekanan air pori pada tanah. Ketika nilai tekanan air pori mencapai sama besar dengan tegangan total tanah, maka tegangan efektif tanah sama dengan nol, dan pada saat itulah tanah mengalami penurunan kuat geser dan runtuh (Setyabudi, 2013).

Beberapa contoh kasus gempa bumi yang memicu terjadinya likuifaksi antara lain gempa Good Friday di Alaska tahun 1964, gempa Niigata di Jepang tahun 1964, gempa Van Norman di bagian selatan California yang mengakibatkan keruntuhan bendungan Lower San Fernando Dam dan Upper Fernando Dam tahun 1971, gempa Aceh dan Nias tahun 2004, gempa Yogyakarta pada tahun 2006 dan gempa Christchurch di New Zealand pada tahun 2011 (Mase, 2011).



**Gambar 1. Fenomena likuifaksi akibat gempa Christchurch, 2011**  
(Tonkin and Taylor, 2013)

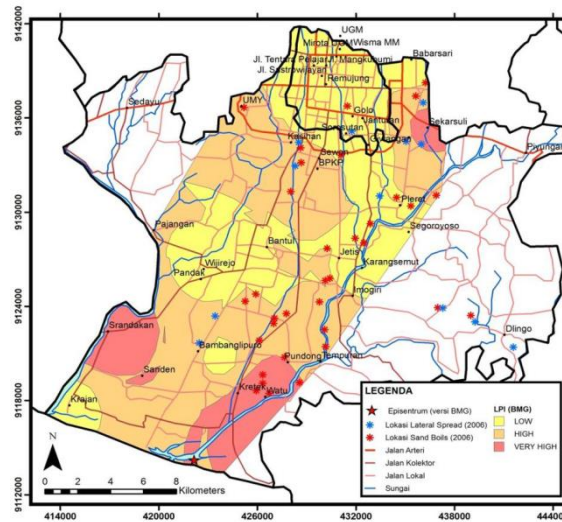
## 2. METODE PENELITIAN

### Zona Potensi Likuifaksi

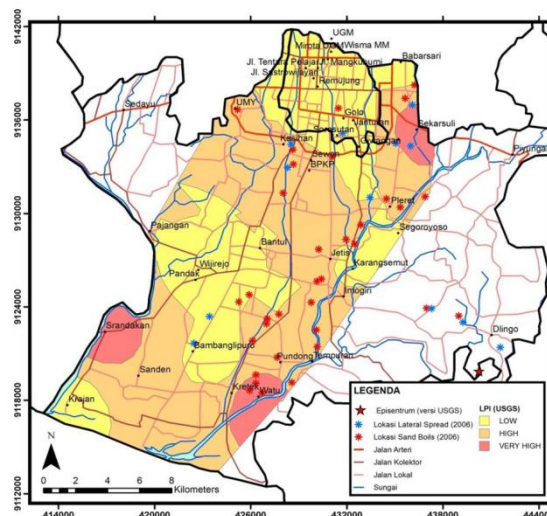
Efek dari gerakan gelombang gempa bumi di dalam tanah akan bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Metode *Liquefaction Potential Index* (LPI), *Liquefaction Severity Index* (LSI) dan *Liquefaction Risk Index* (LRI) adalah tiga metode yang sering digunakan untuk mengetahui karakteristik pengaruh gerakan gelombang tersebut dan kaitannya dengan kedalaman tanah terhadap potensi likuifaksi untuk suatu lokasi tertentu dengan *output* data berupa peta potensi likuifaksi.

### *Liquefaction Potential Index* (LPI)

*Liquefaction Potential Index* (LPI) merupakan metode paling umum digunakan yang dikembangkan oleh Iwasaki, dkk. (1984). LPI menggunakan nilai *safety factor* ( $F_s$ ) dan fungsi kedalaman tanah ( $W_z$ ). Interpolasi dari analisis tersebut menghasilkan kontur batas-batas zona dengan potensi likuifaksi rendah (*low*), potensi likuifaksi tinggi (*high*) dan potensi likuifaksi sangat tinggi (*very high*). Yogatama (2012) melakukan analisis potensi likuifaksi menggunakan metode *Liquefaction Potential Index* untuk wilayah Kabupaten Bantul. Hasil analisis tersebut disajikan dalam bentuk peta zona likuifaksi, seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Peta zona likuifaksi metode LPI berdasarkan pusat gempa versi BMG (Yogatama, 2012).



Gambar 3. Peta zona likuifaksi metode LPI berdasarkan pusat gempa versi USGS (Yogatama, 2012).

Iwasaki, et al. (1982) mengusulkan *Liquefaction Potential Index* (LPI) untuk evaluasi potensi kejadian likuifaksi. LPI didefinisikan sebagai berikut:

$$LPI = \int_0^{20\text{ m}} Fw(z)dz \quad (1)$$

notasi

LPI : Nilai *Liquefaction Potential Index* (tanpa dimensi)

F : Potensi kejadian likuifaksi, ditentukan dengan persamaan :  $F = (1 - SF)$  untuk  $SF < 1$ , dan  $F = 0$  untuk  $SF > 1$

w(z) : Faktor bobot kedalaman,  $w(z) = 10 - 0,5z$  ; dengan z adalah kedalaman yang ditinjau, maksimum sampai 20 meter

LPI = 0, kejadian likuifaksi berpotensi sangat rendah,

$0 < LPI < 5$ , kejadian likuifaksi berpotensi rendah,

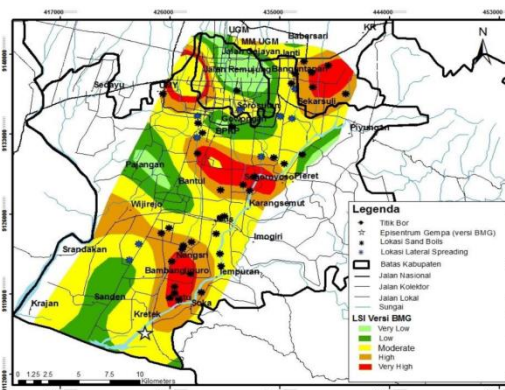
$5 < LPI < 15$ , kejadian likuifaksi berpotensi tinggi,

$LPI > 15$ , kejadian likuifaksi berpotensi sangat tinggi.

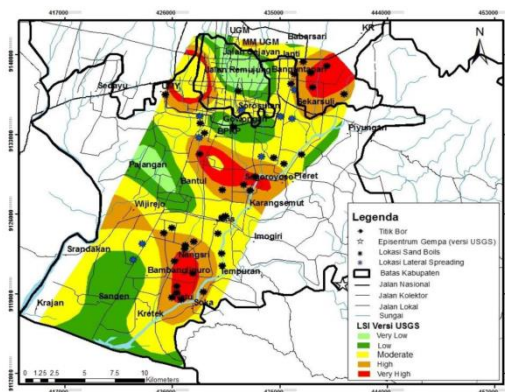
### *Liquefaction Severity Index (LSI)*

Youd dan Perkins (1987) mengusulkan pengukuran dengan *Liquefaction Severity Index (LSI)* untuk mengetahui karakteristik dari efek gelombang gempa dalam satu lokasi. *LSI* merupakan fungsi dari tebal lapisan tanah dan getaran gempa, dan getaran gempa sendiri sangat terkait dengan amplitude, durasi gempa, dan jarak lokasi pengamatan dari episenter gempa. Berbeda dengan batas zona potensi *LPI* yang hanya menyediakan tiga zona potensi likuifaksi, *LSI* memiliki enam klasifikasi potensi likuifaksi, yakni: tidak terlikuifaksi (*nonliquefied*), sangat rendah (*very low*), rendah (*low*), sedang (*moderate*), tinggi (*high*), sangat tinggi (*very high*).

Setyabudi (2013), melakukan analisis probabilitas likuifaksi untuk wilayah Kabupaten Bantul menggunakan metode *LSI*, yang digambarkan dalam bentuk peta zona likuifaksi, seperti terlihat dalam Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Peta zona likuifaksi metode *LSI* berdasarkan pusat gempa versi BMG (Setyabudi, 2013)



Gambar 5. Peta zona likuifaksi metode *LSI* berdasarkan pusat gempa versi USGS (Setyabudi, 2013)

Pada tahun 2005, Sonmez dan Gokceoglu melakukan pengembangan terhadap metode *LPI* yang telah ditemukan sebelumnya dan menghasilkan metode *Liquefaction Severity Index (LSI)* untuk evaluasi bobot kejadian likuifaksi. Hitungan nilai *LSI* menggunakan angka probabilitas dan fungsi kedalaman tanah seperti dalam Persamaan 2 sebagai berikut :

$$LSI = \int_0^{20\ m} P_L(z)W(z)dz \quad (2)$$

$$P_L = \frac{1}{\left(1 + \frac{FS}{0,96}\right)^{4,5}} \quad (3)$$

Notasi

$P_L$  pada Persamaan 3.34 hanya digunakan untuk  $FS < 1,441$ , sedangkan  $P_L(z) = 0$  untuk  $FS > 1,441$ .

$W(z) = 10 - 0,5z$  ; untuk  $0 \leq z \leq 20$  m sedangkan untuk  $W(z) = 0$  ; untuk  $z > 20$  m,

*LSI* : Nilai *Liquefaction Severity Index*,

$P_L(z)$  : Nilai probabilitas likuifaksi berdasarkan fungsi kedalaman,

$W(z)$  : Faktor bobot kedalaman tanah.

Bobot kejadian likuifaksi dapat diklasifikasikan menjadi 6 kelas seperti dalam Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Bobot kejadian likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Severity Index (LSI)***

Nilai <i>Liquefaction Severity Index</i>	Potensi Tingkat Terjadinya Likuifaksi
$85 \leq LS < 100$	Sangat tinggi ( <i>Very High</i> )
$65 \leq LS < 85$	Tinggi ( <i>High</i> )
$35 \leq LS < 65$	Sedang ( <i>Moderate</i> )
$15 \leq LS < 35$	Rendah ( <i>Low</i> )
$0 < LS < 15$	Sangat rendah ( <i>Very Low</i> )
$LS = 0$	Tidak terlikuifaksi ( <i>Non liquefied</i> )

### ***Liquefaction Risk Index (LRI)***

Indeks lain untuk menentukan potensi likuifaksi adalah *Liquefaction Risk Index (LRI)* didefinisikan oleh Lee, et al. (2003) dengan menggunakan probabilitas dari likuifaksi dengan rumus sebagai berikut :

$$LRI = \int_0^{20\ m} P_L W(z) dz \quad (4)$$

$$P_L = \frac{1}{\left(1 + \frac{FS}{1}\right)^{3,5}} \quad (5)$$

notasi

*LRI* : Nilai *Liquefaction Risk Index* (tanpa dimensi),

$P_L$  : Nilai probabilitas likuifaksi berdasarkan fungsi kedalaman,

$w(z)$  : Faktor bobot kedalaman,  $w(z) = 10 - 0,5z$  ; dengan  $z$  adalah kedalaman yang ditinjau, maksimum sampai 20 meter,

Kriteria risiko terjadinya likuifaksi Lee, et al. (2003) sebagai berikut :

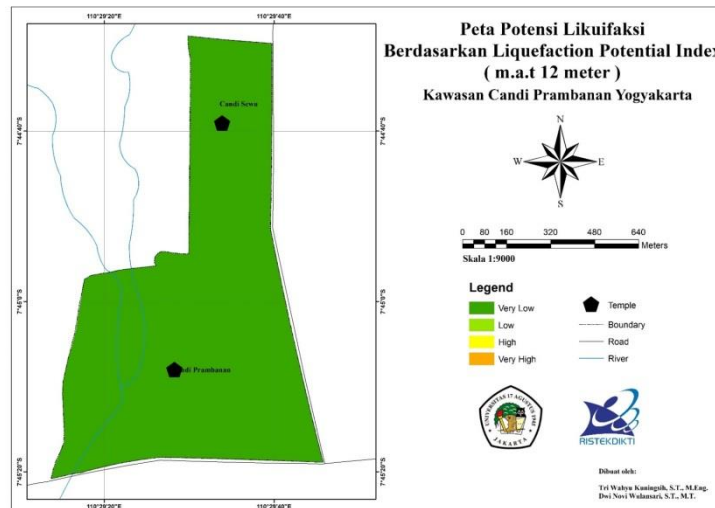
$LRI < 20$ , risiko terjadinya likuifaksi rendah,

$20 < LRI < 30$ , risiko terjadinya likuifaksi tinggi,

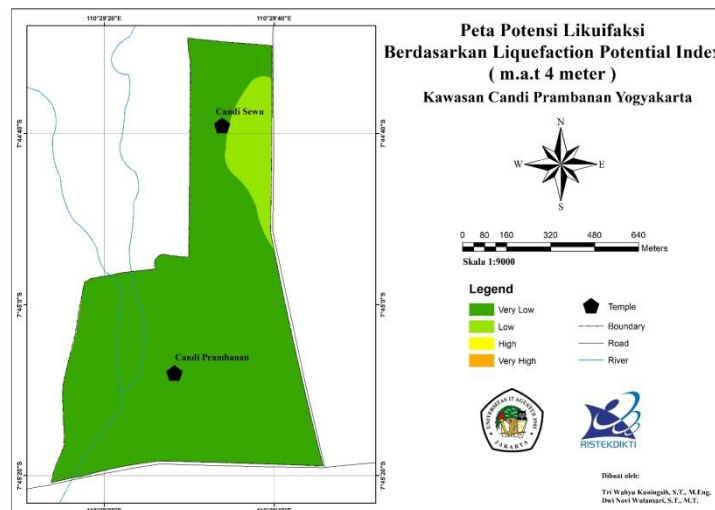
$LRI > 30$ , risiko terjadinya likuifaksi sangat tinggi.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

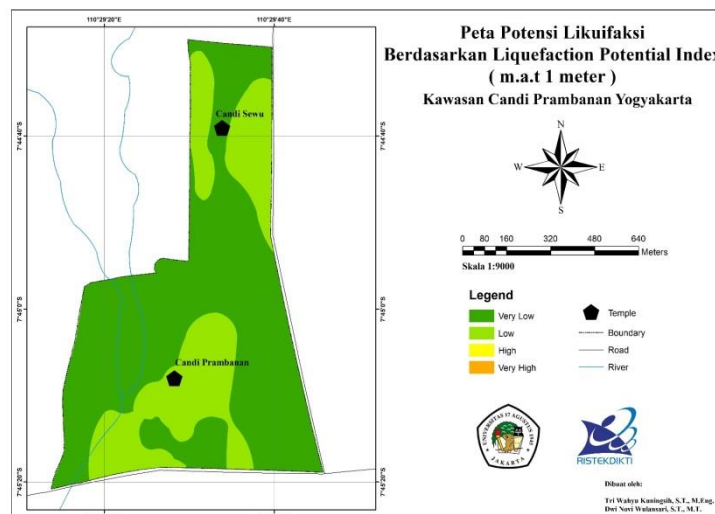
Berdasarkan nilai *LPI*, *LSI* dan *LRI* yaitu potensi terjadi likuifaksi pada tanah dasar Candi Prambanan sangat rendah dan rendah sehingga dikategorikan aman terhadap ancaman likuifaksi. Pemetaan potensi likuifaksi disajikan pada Gambar 6 sampai Gambar 14.



Gambar 6. Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Potential Index* dengan kedalaman muka air tanah eksisting (-12 meter)

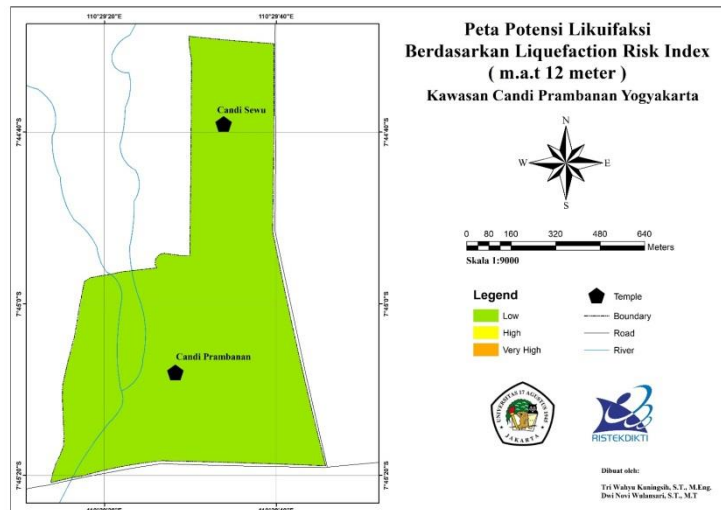


Gambar 7. Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Potential Index* dengan kedalaman muka air tanah -4 meter

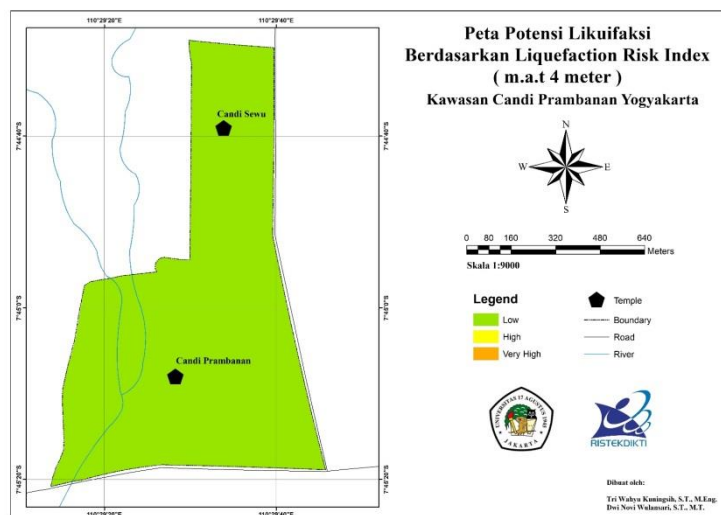


Gambar 8. Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Potential Index* dengan kedalaman muka air tanah -1 meter

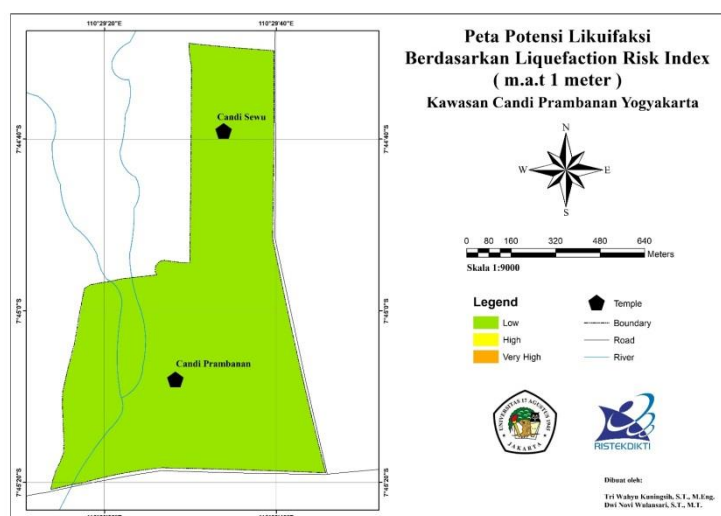




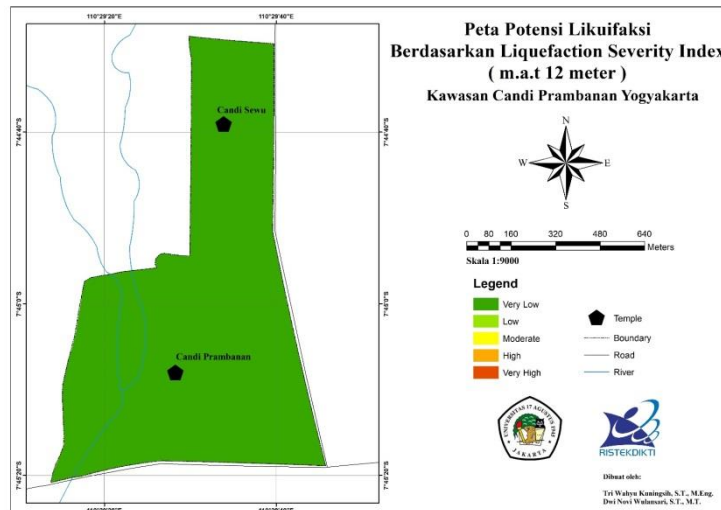
**Gambar 9.** Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Risk Index* dengan kedalaman muka air tanah eksisting (-12 meter)



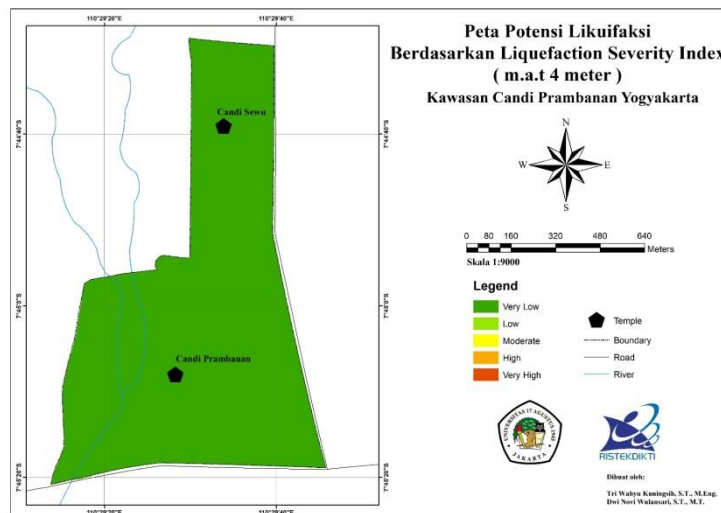
**Gambar 10.** Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Risk Index* dengan kedalaman muka air tanah -4 meter



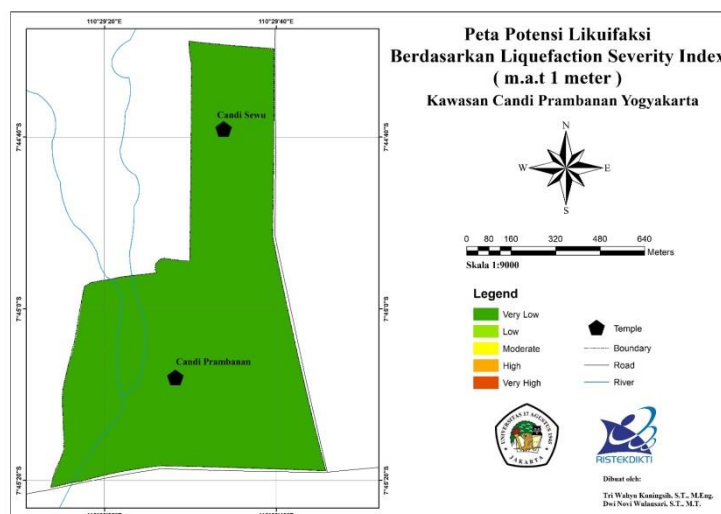
**Gambar 11.** Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Risk Index* dengan kedalaman muka air tanah -1 meter



Gambar 12. Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Severity Index* dengan kedalaman muka air tanah eksisting (-12 meter)



Gambar 13. Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Severity Index* dengan kedalaman muka air tanah -4 meter



Gambar 14. Peta potensi likuifaksi berdasarkan *Liquefaction Severity Index* dengan kedalaman muka air tanah -1 meter

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisis potensi kejadian likuifaksi dengan menggunakan tiga metode yaitu *Liquefaction Potential Index* ( LPI ), *Liquefaction Risk Index* (LRI) dan *Liquefaction Severity Index* ( LSI ) diperoleh informasi bahwa di pelataran Candi Siwa secara keseluruhan, kemungkinan potensi terjadinya likuifaksi sangat rendah. Berdasarkan nilai LPI, LSI dan LRI yaitu potensi terjadi likuifaksi pada tanah dasar Candi Prambanan sangat rendah dan rendah sehingga dikategorikan aman terhadap ancaman likuifaksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Iwasaki, T., Arakawa, T., and Tokida, K., 1984, *Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction during Earthquakes*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.3, Southampton, hal. 49-58.
- Iwasaki, T., Arakawa, T., and Tokida, K., 1984, *Simplified Procedures for Assessing Soil Liquefaction during Earthquakes*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.3, Southampton, hal. 49-58.
- Lee DH, Ku CS, & Yuan H., 2003, A study of the liquefaction risk potential at Yuanlin. Taiwan Eng Geol 71, pp: 97–117.
- Mase, L.Z., 2013, *Analisis Potensi Likuifaksi Di Kali Opak Imogiri Daerah Istimewa Yogyakarta (Studi Eksperimental dan Analisis Empiris)*, Tesis, Jurusan Teknik Sipil (Geoteknik) dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.
- Setyabudi, A.P., 2013, *Analisis Probabilitas Likuifaksi Menggunakan Metode Liquefaction Severity Index Untuk Kabupaten Bantul, Sleman, Dan Kotamadya Yogyakarta*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil (Geoteknik) dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.
- Sonmez, H and Gokceoglu, C., 2005. *A liquefaction severity index suggested for engineering practice*, Environmental Geology, 48, pp. 81-91.
- Tonkin & Taylor International Ltd, 2013, Canterbury New Zealand Earthquake Sequence 2010-201, Seminar on disaster preparedness in the Philippines.
- Yogatama, B.A., 2012, *Analisis Potensi Likuifaksi Di Kawasan Kabupaten Bantul Dan Kotamadya Yogyakarta*, Jurusan Teknik Sipil (Geoteknik) dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.
- Youd, T.L., and Perkins, D.M., 1978. Mapping liquefaction-induced ground failure potential, *Journal of the Geotechnical Engineering Division* 104, No. GT4, 433-446.