

EVALUASI JEMBATAN DI SUNGAI BOYONG YOGYAKARTA PASCA ERUPSI GUNUNG MERAPI 2010

Mega Ayundya Widiastuti

Fakultas Sains dan Teknologi UINSA Surabaya

m_ayundya@yahoo.com

Abstrak

Gunung Merapi merupakan salah satu dari 129 gunungapi aktif di Indonesia yang sering meletus. Pada 26 Oktober 2010 Gunung Merapi mengalami erupsi kembali. Bencana ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan bencana serupa dalam lima periode waktu sebelumnya yakni tahun 1994, 1997, 1998, 2001 dan 2006. Dampak lanjutan erupsi Gunung Merapi yaitu lahar dingin, berpotensi merusak bangunan-bangunan yang terdapat di sungai-sungai yang berhulu di Gunung Merapi, seperti jembatan. Salah satu sungai yang berhulu di lereng Gunung Merapi adalah sungai Boyong dimana hilir alur sungai ini melintasi tengah kota Yogyakarta yang dilintasi 19 jembatan, 8 jembatan melintasi sungai Boyong dan 11 jembatan melintasi sungai Code yang merupakan bagian dari sungai Boyong sebagai induk sungainya. Oleh karena itu penting untuk dilakukan evaluasi kondisi *existing* jembatan pasca erupsi Gunung Merapi. Adanya keterbatasan dana yang disediakan oleh Pemerintah dalam upaya memulihkan fungsi dan kondisi jembatan dalam satu alur sungai, menjadi penyebab perlunya penyusunan skala prioritas, guna menentukan jembatan yang harus ditangani/diperbaiki terlebih dahulu.

Keywords: nilai kondisi, skala prioritas

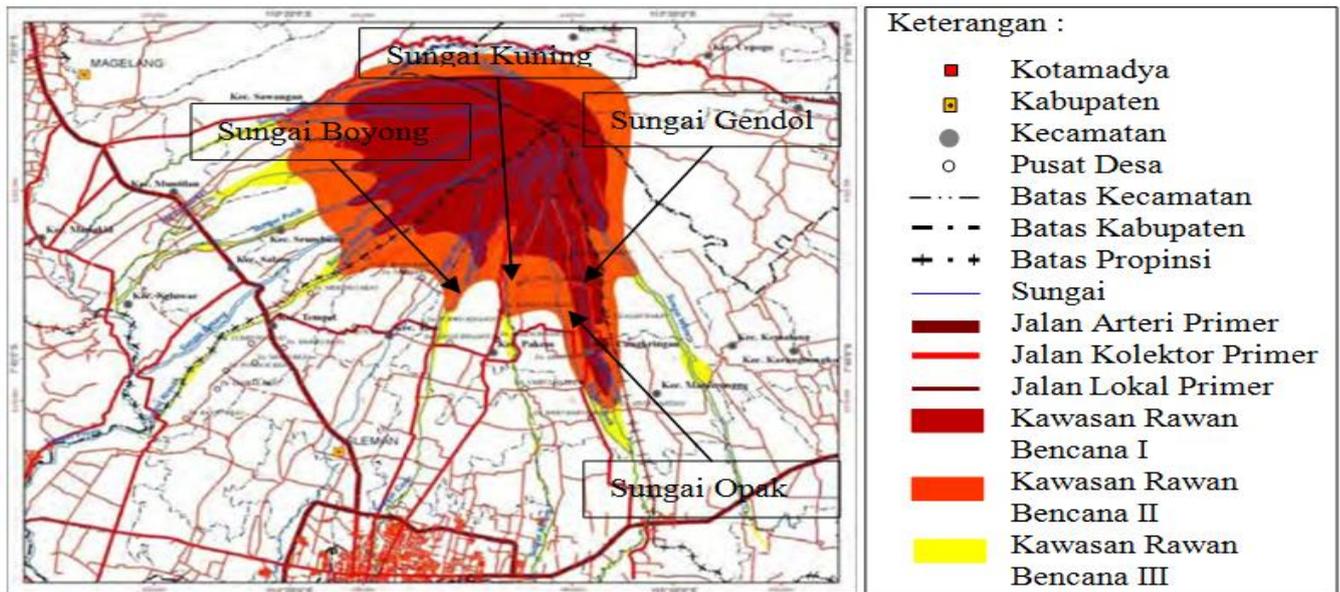
1. Pendahuluan

Gunung Merapi merupakan salah satu dari 129 gunungapi aktif di Indonesia yang sering meletus. Sampai Mei 2006, erupsi yang tercatat sudah mencapai 83 kali kejadian. Rata-rata selang waktu erupsi Merapi terjadi antara 2-5 tahun (periode pendek), sedangkan selang waktu periode menengah setiap 5-7 tahun. Pada tanggal 20 September 2010, status kegiatan Gunung Merapi ditingkatkan dari Normal menjadi Waspada, selanjutnya tanggal 21 Oktober 2010

ditingkatkan kembali menjadi Siaga (Level III), dan sejak 25 Oktober 2010, pukul 06:00 WIB, status kegiatan Gunung Merapi dinaikkan dari Siaga (Level III) menjadi Awas (Level IV). Pada 26 Oktober 2010 Gunung Merapi mengalami erupsi pertama dan selanjutnya terjadi berturut-turut hingga awal November 2010. Bencana ini merupakan yang terbesar dibandingkan dengan bencana serupa dalam lima periode waktu sebelumnya yakni tahun 1994, 1997, 1998, 2001 dan 2006.

Sebagai upaya mitigasi bencana erupsi Gunung Merapi, telah dibangun 245 sabo dam yang tersebar di 15 sungai yang berhulu di lereng Gunung Merapi. Sungai-sungai tersebut antara lain sungai Apu, sungai Pabelan, sungai Trising, sungai Senowo, sungai Lamat, sungai Blongkeng, sungai Putih, sungai Batang, sungai Bebung, sungai Krasak, sungai Boyong, sungai Kuning, sungai Opak, sungai Gendol dan sungai

Woro. Dilihat dari peta KRB (Kawasan Rawan Bencana) Gunung Merapi tahun 2010, beberapa sungai di Propinsi D.I. Yogyakarta yang penting diperhatikan seperti sungai Gendol karena alur sungainya melewati lokasi situs budaya, sungai Kuning karena alur sungainya menuju arah bandara, dan sungai Boyong karena alur sungainya melewati tengah kota.



Gambar 1 Peta KRB (Kawasan Rawan Bencana) Gunung Merapi tahun 2010
(sumber: Rencana Aksi Rehabilitasi dan Rekonstruksi Wilayah Pascabencana Erupsi Gunung Merapi di Provinsi D.I. Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2011-2013)

Erupsi Gunung Merapi tahun 2010 menghasilkan sekitar 150 juta m³ material vulkanik yang terdiri atas abu, pasir, kerikil dan batu. Dampak lanjutan erupsi Gunung Merapi berupa banjir lahar dingin mengakibatkan alur-alur sungai yang berhulu di lereng Gunung Merapi mengalami agradasi dan beberapa jembatan rusak bahkan putus. Hilangnya akses antar wilayah karena putus atau tidak berfungsinya jembatan mengakibatkan transportasi terganggu atau jalan yang harus ditempuh semakin jauh. Sedangkan pada jembatan-jembatan yang masih berdiri atau berfungsi, kemungkinan tidak aman dilewati

karena terjadi pergeseran elemen jembatan atau perubahan bentuk elemen dan atau kerusakan-kerusakan lain pada elemen jembatan yang disebabkan oleh aliran debris ketika banjir lahar dingin. Mengingat jembatan merupakan sarana yang sangat dibutuhkan sebagai akses masyarakat baik untuk kepentingan sosial maupun ekonomi, maka perlu dilakukan evaluasi kondisi *existing* jembatan pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010.

Penelitian dilaksanakan terhadap jembatan-jembatan yang melintasi Sungai Boyong-Code di Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta. Lokasi dan objek penelitian dipilih karena lahar dingin

yang mengalir Sungai Boyong hingga Sungai Code berdampak pada perubahan kondisi alur Sungai dan material lahar dingin dikhawatirkan merusak elemen tertentu dari struktur jembatan. Selain itu, beberapa jembatan yang melintasi Sungai Boyong dan Sungai Code termasuk dalam kelas jalan Nasional.

Seringkali keterbatasan dana menjadi penyebab pemeliharaan jembatan tidak optimal sehingga jembatan tidak berfungsi sesuai umur rencana. Dalam upaya memulihkan fungsi dan kondisi jembatan perlu disusun langkah optimasi, guna menentukan jembatan-jembatan yang harus ditangani / diperbaiki terlebih dahulu. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan penilaian kondisi jembatan dan kebijakan pengambilan keputusan pemeliharaan jembatan.

2. Metode

Penilaian jembatan dimulai dari inventarisasi jembatan kemudian pemeriksaan detail dengan survey lapangan untuk mencatat jenis dan lokasi kerusakan elemen-elemen jembatan, selanjutnya kerusakan tersebut dinilai kondisinya sesuai dengan standar penilaian *Bridge Management System* (Dirjen Bina Marga, 1993). Setelah dilakukan penilaian kemudian dievaluasi terhadap kerusakan-kerusakan yang terjadi pada jembatan, kemudian disusun skala prioritasnya.

3. Pembahasan

3.1. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah jembatan-jembatan yang melintasi Sungai Boyong dan Sungai Code. Sungai Boyong merupakan sungai utama dari Sungai Code sehingga memiliki arah aliran yang sama dimana Sungai Boyong merupakan bagian hulu dari Sungai Code. Jembatan-jembatan yang melintasi Sungai

Boyong ada 9 jembatan dengan urutan dari hulu ke hilir, yaitu jembatan Kemiri, jembatan Pulowatu, jembatan Wonosobo, jembatan Rejodani, jembatan Ngentak, jembatan Krikilan, jembatan Plemburan, dan jembatan Boyong.

Sedangkan jembatan-jembatan yang melintasi Sungai Code ada 11 jembatan dengan urutan dari hulu ke hilir, yaitu jembatan Gemawang, jembatan Wreksodiningrat, jembatan Sarjito, jembatan Sudirman, jembatan Kewek, jembatan Jambu, jembatan Juminahan, jembatan Sayidan, jembatan Tungkak, jembatan wirosaban dan jembatan Code.

3.2. Pemeriksaan Detail Jembatan

3.2.1. Sistem Pemeriksaan Detail Jembatan

Dasar dari sistem pemeriksaan secara detail adalah penilaian kondisi elemen dan kelompok elemen menurut keadaannya dan keseriusan / kelemahannya. Untuk tujuan pemeriksaan secara detail dan evaluasi dari kondisi jembatan secara menyeluruh, struktur suatu jembatan dibagi atas hierarki elemen yang terdiri atas 5 level. Level tertinggi adalah level 1, yaitu jembatan itu sendiri dan level terendah adalah level 5, yaitu elemen kecil secara individual dari bagian-bagian jembatan. Untuk setiap elemen yang memiliki kerusakan yang berarti, ditentukan dengan 5 nilai, yaitu nilai struktur, nilai kerusakan, nilai perkembangan (volume), nilai fungsi, dan nilai pengaruh. Setiap nilai diberi angka 0 atau 1, sehingga subjektivitas selama pemeriksaan dapat dihilangkan dan penilaian menjadi lebih konsisten. Sistem penilaian kondisi elemen dapat dilihat pada tabel 1.

Dalam menggunakan sistem ini, nilai kondisi diberikan pada level 5, level 4 atau level 3. Bila penilaian awal dari suatu elemen (individual) diberikan pada level 5, maka kelompok dari

elemen yang mirip dinilai pada level yang lebih tinggi, yaitu level 4 dan level 3

Tabel 1 Sistem Penilaian Kondisi Elemen

| Nilai | Kriteria | Nilai Kondisi |
|---------------------------------|------------------------------------|---------------|
| Struktur (S) | Berbahaya | 1 |
| | Tidak berbahaya | 0 |
| Kerusakan (R) | Parah | 1 |
| | Tidak parah | 0 |
| Kualitas (K) | >50% | 1 |
| | <50% | 0 |
| Fungsi (F) | Elemen tidak berfungsi | 1 |
| | Elemen masih berfungsi | 0 |
| Pengaruh (P) | Mempengaruhi elemen lain | 1 |
| | Tidak berpengaruh pada elemen lain | 0 |
| Nilai Kondisi, NK = (S+R+K+F+P) | | 0 s.d. 5 |

Sumber: BMS, 1993.

3.3. Kelas Jembatan

Jembatan-jembatan di sungai Boyong mempunyai kelas jembatan yang berbeda-beda, maka jembatan-jembatan tersebut dikelompokkan ke dalam kelas-kelas jembatan. Kelas jembatan yang digunakan dalam penentuan prioritas penanganan, di bagi menjadi 3 kelas, yaitu kelas A, kelas B dan kelas C.

Kelas A merupakan jembatan pada ruas jalan nasional yang didasarkan pada Rencana Muatan (RM) Binamarga 100% dengan lebar minimal (1+7+1). Kelas B merupakan jembatan pada ruas jalan kabupaten yang didasarkan pada Rencana Muatan (RM) Binamarga 70% dengan lebar minimal (0,5+6+0,5). Kelas C merupakan jembatan pada ruas jalan pedesaan yang didasarkan pada RM Binamarga 50% dengan lebar minimal (0,5+5+0,5).

3.4. Penentuan Skala Prioritas

Pengurutan prioritas jembatan dalam suatu kelas jembatan didasarkan pada nilai kondisi

jembatan yang diperoleh. Nilai kondisi jembatan yang digunakan dalam penentuan skala prioritas adalah nilai kondisi pada level 1 kemudian di breakdown terhadap nilai kondisi pada level di bawahnya (level 2 dan level 3). Penggunaan nilai kondisi pada level 1 karena nilai tersebut menggambarkan nilai jembatan secara keseluruhan. Nilai kondisi pada level 2 sebagai pertimbangan kondisi jembatan terhadap komponen utama jembatan yaitu aliran sungai / timbunan (AS), bangunan bawah (BB), bangunan atas (BA) dan perlengkapan (P). Komponen utama jembatan tersebut mempunyai kepentingan yang sama terhadap keamanan pengguna jembatan sehingga pengurutan prioritas berdasarkan pada nilai kondisi tertinggi (kondisi terparah) di ke 4 komponen utama tersebut. Bila terdapat nilai kondisi yang sama pada level 2 dari beberapa jembatan, maka penentuan prioritas ditinjau kembali terhadap nilai kondisi jembatan di level 3.

4. Analisis

4.1. Hasil Pemeriksaan Kerusakan Jembatan yang Melintasi Sungai Boyong Pasca Erupsi Gunung Merapi 2010

Pasca erupsi Gunung Merapi yang diawali letusan pada tanggal 26 Oktober 2010, terjadi hujan deras di wilayah Yogyakarta yang mengakibatkan banjir lahar dingin. Banjir lahar dingin ini mengalirkan debris vulkanik di sepanjang alur sungai yang mengakibatkan sejumlah elemen jembatan rusak. Hasil pemeriksaan jembatan di Sungai Boyong pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 2. Banyak faktor yang dapat menjadi penyebab kerusakan pada komponen-komponen jembatan. Kerusakan-kerusakan tertentu pada jembatan yang ada di sepanjang alur Sungai

Boyong pada Tabel 2 tersebut kemungkinan sudah ada sebelum erupsi Gunung Merapi tahun 2010 terjadi. Namun dapat dilihat dalam Tabel 2, jenis kerusakan dan komponen jembatan yang rusak berkaitan dengan dampak sekunder erupsi Gunung Merapi tahun 2010 yang secara umum ditemui pada jembatan yaitu endapan lumpur yang berlebihan, scouring dan atau bagian yang pecah/hilang pada dinding penahan tanah.

Kerusakan pada komponen jembatan oleh volume angkutan sedimen banjir lahar dingin di alur Sungai Boyong sampai di jembatan paling hilir Sungai Boyong (Jembatan Code). Sedangkan kerusakan pada komponen jembatan oleh daya rusak material debris yang terbawa aliran banjir lahar hanya sampai di Jembatan Gemawang.

Tabel 2 Jembatan dan elemen yang mengalami kerusakan

| No. | Nama Jembatan | Elemen yang Rusak | Jenis kerusakan |
|-----|---------------|------------------------------|--|
| 1. | Kemiri | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Timbunan oprit | <i>Scouring</i> |
| | | Kepala jembatan | Pecah |
| | | Pelat lantai | Aus |
| | | Lapis permukaan | Kasar |
| | | Tiang sandaran | Hilang |
| | | Sandaran horizontal | Hilang |
| | | Parapet | Hilang |
| 2. | Pulowatu | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| 3. | Wonosobo | Aliran air utama | <i>Scouring</i> |
| | | Bronjong | Bagian yang hilang |
| | | Pondasi langsung | Berputar |
| | | Struktur rangka baja | Penurunan mutu cat dan karat |
| | | Pelat lantai (<i>deck</i>) | Spalling, retak, karat pada besi tulangan |
| | | Siar muai | Bagian yang hilang |
| | | Batas-batas ukuran | Hilang, rusak |
| | | Papan nama | Tidak ada |
| 4. | Rejodani | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Tiang sandaran | Penurunan mutu cat, karat, pecah |
| | | Sandaran horizontal | Penurunan mutu cat, karat, perubahan bentuk pada komponen |
| | | Parapet | Hilangnya sebagian dari bahan |
| 5. | Ngentak | Aliran air utama | Air sungai yang macet yang mengakibatkan terjadinya banjir |
| | | Dinding penahan tanah | <i>Scouring</i> |
| | | Pipa cucuran | Terlalu pendek (kesalahan pemasangan) |
| | | Sambungan | Bagian yang longgar |
| | | Tiang sandaran | Hilangnya sebagian dari bahan |

| Tabel 2 Jembatan dan elemen yang mengalami kerusakan (<i>lanjutan1</i>) | | | |
|---|------------------|-----------------------------|--|
| No. | Nama Jembatan | Elemen yang Rusak | Jenis kerusakan |
| 6. | Krikilan | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Trotoar | Retak |
| 7. | Plemburan | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Dinding penahan tanah | Bagian yang pecah/hilang, retak |
| | | Tembok sayap | Retak |
| | | Lapis permukaan | Permukaan yang kasar/berlubang |
| | | Bantalan mortar/pelat dasar | Mortar dasar retak |
| | | Tiang sandaran | Bagian yang hilang |
| | Papan nama | Tidak ada | |
| 8. | Boyong | Dinding penahan tanah | Bagian yang hilang |
| | | Lapis permukaan | Berlubang |
| | | Expansion joint | Retak aspal |
| | | Sandaran horozontal | Penurunan mutu cat |
| | | Papan Nama | Tulisan tidak nyata/jelas |
| 9. | Gemawang | Dinding penahan tanah | Bagian yang hilang |
| | | Lapis permukaan | Lubang |
| | | Gelagar | Karat |
| | | Papan Nama | Tidak ada |
| 10. | Wrekso diningrat | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Drainase lantai | Tersumbat |
| 11. | Sardjito | Aliran air utama | Sampah yang menumpuk |
| | | Drainase lantai | Tersumbat |
| | | Lapis permukaan | Berlubang, retak |
| | | <i>Expansion joint</i> | Retak aspal |
| | | Papan nama | Tidak ada |
| 12. | Sudirman | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan, sampah menumpuk |
| | | Kerb | Bagian yang hilang |
| | | Drainase lantai | Tersumbat |
| | | Lapis permukaan | Retak aspal |
| | | Sandaran | Beton keropos |
| | | Parapet | Retak |
| 13. | Kewek | Gelagar | Kualitas buruk |
| | | Lapis permukaan | Berlubang |
| | | Papan nama | Tidak ada |
| 14. | Jambu | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Abutmen | Retak |
| | | Pipa cucuran | Tersumbat |
| | | <i>Expansion joint</i> | Retak |
| | | Papan nama | Tidak ada |

| Tabel 2 Jembatan dan elemen yang mengalami kerusakan (<i>lanjutan2</i>) | | | |
|---|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| No. | Nama Jembatan | Elemen yang Rusak | Jenis kerusakan |
| 15. | Juminahan | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan, sampah |
| | | Baut gelagar | Karat |
| | | Plat lantai | Kualitas buruk |
| | | Lapis Permukaan | Retak |
| | | Drainase lantai | Tersumbat |
| | | <i>Expansionjoin</i> | Retak |
| | | Papan nama | Tidak ada |
| 16. | Sayidan | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Abutmen | Retak |
| | | Trotoar | Lubang |
| | | Pipa cucuran | Tersumbat |
| | | <i>Expansionjoint</i> | Bagian yang hilang, retak |
| 17. | Tungkak | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Abutmen | Retak |
| | | Gelagar | Karat |
| | | <i>Expansionjoint</i> | Retak |
| | | Tiang sandaran | Pecah |
| | | Sandaran horizontal | Penurunan mutu cat |
| | | Papan nama | Tidak ada |
| 18. | Wirosaban | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Lapis permukaan | Berlubang |
| | | Drainase lantai | Tersumbat |
| | | Papan nama | Tidak ada |
| 19. | Code | Aliran air utama | Endapan yang berlebihan |
| | | Sandaran horizontal | Penurunan mutu cat |

4.2. Nilai Kondisi Jembatan

Nilai kondisi akhir jembatan adalah nilai kondisi pada level 1 yang menggambarkan kondisi jembatan secara keseluruhan. Hasil penilaian kondisi eksisting jembatan yang melintasi sungai Boyong pasca erupsi Gunung Merapi tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 3.

4.3. Prioritas Penanganan Jembatan

Prioritas penanganan terhadap jembatan didasarkan pada nilai kondisi jembatan dan kelas

jembatan. Jika dilihat pada Tabel 3, sejumlah jembatan mempunyai nilai kondisi yang sama, maka untuk menentukan jembatan yang lebih diprioritaskan yaitu dengan mempertimbangkan nilai kondisi jembatan pada level di bawahnya (level 2 dan level 3). Prioritas penanganan jembatan-jembatan yang melintasi alur Sungai Boyong sesuai dengan kelas masing-masing jembatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3 Nilai kondisi jembatan di alur Sungai Boyong Pasca Erupsi Gunung Merapi 2010

| No | Nama | Kondisi | | No | Nama | Kondisi | |
|----|-----------------|---------|------------------------|----|------------|---------|--------------|
| | | NK | Keterangan | | | NK | Keterangan |
| 1 | Kemiri | 5 | Runtuh/tidak berfungsi | 11 | Sardjito I | 2 | Rusak sedang |
| 2 | Pulowatu | 2 | Rusak sedang | 12 | Sudirman | 2 | Rusak sedang |
| 3 | Wonosobo | 4 | Kritis | 13 | Kewek | 2 | Rusak sedang |
| 4 | Rejodani | 2 | Rusak sedang | 14 | Jambu | 2 | Rusak sedang |
| 5 | Ngentak | 3 | Rusak berat | 15 | Juminahan | 2 | Rusak sedang |
| 6 | Krikilan | 2 | Rusak sedang | 16 | Sayidan | 2 | Rusak sedang |
| 7 | Plemburan | 3 | Rusak berat | 17 | Tungkak | 2 | Rusak sedang |
| 8 | Boyong | 2 | Rusak sedang | 18 | Wirosaban | 2 | Rusak sedang |
| 9 | Gemawang | 2 | Rusak sedang | 19 | Code | 2 | Rusak sedang |
| 10 | Wreksodiningrat | 2 | Rusak sedang | | | | |

Tabel 4 Prioritas penanganan jembatan-jembatan di Sungai Boyong

| Kel as Jm btn | Prio ritas | Jembatan | Nilai Kondisi | | | | |
|------------------------|---------------|-----------------|---------------|---------|--------|--------|---|
| | | | Level 1 | Level 2 | | | |
| | | | | A S | B B | B A | P |
| A | 1 | Tungkak | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | 2 | Boyong | 2 | 1 | | 2 | 1 |
| | 3 | Sudirman | 2 | 2 | | 2 | |
| | 4 | Code | 2 | 2 | | 2 | |
| B | 1 | Ngentak | 3 | 3 | | 3 | |
| | 2 | Jambu | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| | 3 | Sayidan | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| | 4 | Wirosaban | 2 | 1 | | 2 | 2 |
| | 5 | Juminahan | 2 | 1 | | 2 | 2 |
| | 6 | Sardjito | 2 | 1 | | 2 | 2 |
| | 7 | Kewek | 2 | | | 2 | 2 |
| | 8 | Wreksodiningrat | 2 | 1 | | 2 | |
| | 9 | Krikilan | 2 | 2 | | 1 | |
| | 10 | Pulowatu | 2 | 2 | | | |
| C | 1 | Kemiri | 5 | 5 | 3 | 4 | |
| | 2 | Wonosobo | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| | 3 | Plemburan | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| | 4 | Gemawang | 2 | 2 | | 2 | 2 |
| | 5 | Rejodani | 2 | 2 | | 2 | |

5. Kesimpulan

Dari hasil evaluasi jembatan-jembatan di alur sungai Boyong pasca erupsi Gunung Merapi 2010 diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pasca erupsi Gunung merapi 2010 jembatan-jembatan di Sungai Boyong masih aman

untuk dilalui kendaraan, kecuali Jembatan Kemiri dan Jembatan Wonosobo. Kerusakan yang terjadi pada jembatan berkaitan dengan adanya lahar dingin yaitu berkurangnya kapasitas alur sungai hingga di jembatan Code, jembatan paling hilir Sungai Boyong, dan rusaknya dinding penahan tanah yaitu pada Jembatan Ngentak, Jembatan Plemburan, Jembatan Boyong dan Jembatan Gemawang.

6. Daftar Pustaka

- Dirjen Bina Marga, 1993, Panduan Pemeriksaan Jembatan, (*Prosedur pemeriksaan jembatan*), BMS, Departemen Pekerjaan Umum RI – *Australian Internasional Development Asistance Bureau*.
- Hariman, 2007, *Evaluasi dan Program Pemeliharaan Jembatan dengan Metode Bridge Management System (BMS) Studi Kasus 4 Jembatan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*, Tesis MPSP UGM Yogyakarta.
- Kurniawan, R.W, 2009, *Penilaian Kondisi Struktur Sebagai Pendukung Strategi Pemeliharaan dan Pengambilan Keputusan Bangunan Sabo di Gunung Merapi Yogyakarta*, Tesis MPSP UGM Yogyakarta.