# BAB IV
# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Hasil Pengolahan Data GPS

Pengolahan data dari pengamatan GPS ini dilakukan menggunakan software Topcon Tools dan dongle Topcon. Data yang diolah dalam penelitian ini berasal dari 6 kali pengambilan data yaitu, 22 dan 31 maret 2014, 7 ,8 April 2014, dan 10 April 2014 dan tanggal 7 Juni 2014. Pengambilan data mengunakan metode kinematik post processing di atas bentang tengah jembatan Suramadu dan terikat dengan GPS 1 yang berada di ditaman samping jembatan Suramadu yang sudah diikatkan pada GPS CORS ITS . Pada saat pengambilan data GPS3 diletakkan di sisi Surabaya dan GPS 2 diletakkan di sisi Madura. Koordinat GPS CORS dan BM KJSS02 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Koordinat GPS CORS dan KJSS02

| Name | Latitude | Longitude | Ell.Height (m) |
|---|---|---|---|
| ITS CORS | 7°16'47.95026S | 112°47'40.63867E | 47.951 |
| KJSS02 | 7°12'31.30880S | 112°46'42.68517E | 34.383 |

Dalam pengolahan data GPS yang berisi informasi posisi. Berikut data yang telah di*paste* ke dalam excel :

Tabel 4.2 Data elevasi GPS 2

| No | Jam | Elevasi GPS2 |
|---|---|---|
| 1 | 10:15 | 72.43666667 |
| 2 | 10:30 | 72.41662222 |
| 3 | 10:45 | 72.40813333 |
| 4 | 11:00 | 72.39337778 |
| 5 | 11:15 | 72.3842 |
| 6 | 11:30 | 72.39024444 |
| 7 | 11:45 | 72.37877778 |
| 8 | 12:00 | 72.37982222 |
| 9 | 12:15 | 72.40593333 |
| 10 | 12:30 | 72.42822222 |
| 11 | 12:45 | 72.42748889 |
| 12 | 13:00 | 72.3936 |
| 13 | 13:15 | 72.42504444 |
| 14 | 13:30 | 72.4514 |
| 15 | 13:45 | 72.43164444 |
| 16 | 14:00 | 72.45024444 |
| 17 | 14:15 | 72.4572 |
| 18 | 14:30 | 72.47184444 |
| 19 | 14:45 | 72.4696 |
| 20 | 15:00 | 72.45064444 |
| 21 | 15:15 | 72.52115556 |
| 22 | 15:30 | 72.43011111 |
| 23 | 15:45 | 72.49588889 |
| 24 | 16:00 | 72.49524444 |
| 25 | 16:15 | 72.49651111 |
| 26 | 16:30 | 72.47208889 |

| | | |
|---|---|---|
| 27 | 16:45 | 72.46375556 |
| 28 | 17:00 | 72.42248889 |
| 29 | 17:15 | 72.49255556 |
| 30 | 17:30 | 72.47664444 |
| 31 | 17:45 | 72.46242222 |
| 32 | 18:00 | 72.4918 |
| 33 | 18:15 | 72.48955556 |
| 34 | 18:30 | 72.48348889 |
| 35 | 18:45 | 72.47162222 |
| 36 | 19:00 | 72.43591111 |
| 37 | 19:15 | 72.4458 |
| 38 | 19:30 | 72.42522222 |
| 39 | 19:45 | 72.42557778 |
| 40 | 20:00 | 72.39622222 |
| 41 | 20:15 | 72.40744444 |
| 42 | 20:30 | 72.41837778 |
| 43 | 20:45 | 72.40602222 |
| 44 | 21:00 | 72.36273333 |
| 45 | 21:15 | 72.38195556 |
| 46 | 21:30 | 72.36275 |

Tabel 4.3 Data elevasi GPS 3

| No | Jam | GPS 3 |
|---|---|---|
| 1 | 10:15 | 72.46966667 |
| 2 | 10:30 | 72.45182222 |
| 3 | 10:45 | 72.41424444 |
| 4 | 11:00 | 72.41397778 |
| 5 | 11:15 | 72.37437778 |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 11:30 | 72.4342 |
| 7 | 11:45 | 72.42777778 |
| 8 | 12:00 | 72.42837778 |
| 9 | 12:15 | 72.37991111 |
| 10 | 12:30 | 72.38344444 |
| 11 | 12:45 | 72.39511111 |
| 12 | 13:00 | 72.41093333 |
| 13 | 13:15 | 72.42404444 |
| 14 | 13:30 | 72.44426667 |
| 15 | 13:45 | 72.46495556 |
| 16 | 14:00 | 72.47197778 |
| 17 | 14:15 | 72.4272 |
| 18 | 14:30 | 72.44853333 |
| 19 | 14:45 | 72.44393333 |
| 20 | 15:00 | 72.40131111 |
| 21 | 15:15 | 72.39315556 |
| 22 | 15:30 | 72.35873333 |
| 23 | 15:45 | 72.36871111 |
| 24 | 16:00 | 72.36666667 |
| 25 | 16:15 | 72.38811111 |
| 26 | 16:30 | 72.40846667 |
| 27 | 16:45 | 72.42008889 |
| 28 | 17:00 | 72.40955556 |
| 29 | 17:15 | 72.43513333 |
| 30 | 17:30 | 72.44404444 |
| 31 | 17:45 | 72.43155556 |
| 32 | 18:00 | 72.42977778 |
| 33 | 18:15 | 72.43155556 |
| 34 | 18:30 | 72.43504444 |
| 35 | 18:45 | 72.47517778 |

| | | |
|---|---|---|
| 36 | 19:00 | 72.48435556 |
| 37 | 19:15 | 72.49844444 |
| 38 | 19:30 | 72.42964444 |
| 39 | 19:45 | 72.3966 |
| 40 | 20:00 | 72.37646667 |
| 41 | 20:15 | 72.39266667 |
| 42 | 20:30 | 72.40804444 |
| 43 | 20:45 | 72.408 |
| 44 | 21:00 | 72.43337778 |
| 45 | 21:15 | 72.42673333 |
| 46 | 21:30 | 72.40252778 |

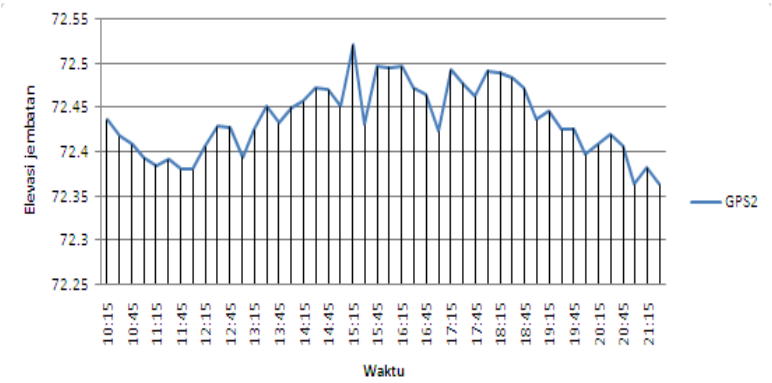
Pada data di atas kolom pertama menunjukkan no urut , kolom kedua menunjukkan waktu, dan ketiga merupakan nilai elevasi jembatan pada saat pengambilan data.

Dalam proses pengolahan data, nilai tinggi alat GPS juga diperhitungkan sehingga data yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa tinggi lantai jembatan yang diukur diatas ellipsoid

Berikut data hasil pengukuran GPS yang sudah dijadikan grafik

### 4.1.1 Data 7 Juni 2014

1. GPS 2




Gambar 4.1. Elevasi Jembatan pada GPS2
tanggal 7 Juni 2014

Dari hasil plotting grafik perubahan posisi *Elevasi* pada GPS2 nampak adanya perubahan posisi, namun dalam perhitungan rata-rata posisi dan standar deviasinya ada sedikit perbedaan. Berikut hasil perhitungan menggunakan excel :

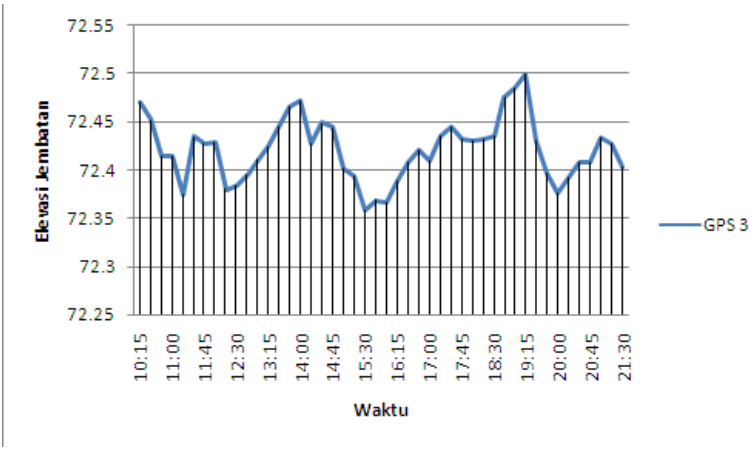
Tabel 4. 4 Perbandingan Nilai GPS2

| | GPS1 1 Juni 2014 |
|---|---|
| Elevasi Rata-Rata | 72.43661002 |
| Standar Deviasi | 0.04425161 |
| Nilai Deformasi (m) | -0.0603587 |

Nilai deformasi didapat rata-rata nilai perubahan posisi

secara keseluruhan dan menunjukkan perbedaan sebesar 0.073876691 m atau 7.3876691 cm.

2. GPS 3




Gambar 4.2. Elevasi Jembatan pada GPS3 tanggal 7 Juni 2014

Hasil plotting Elevasi GPS 3 menunjukkan adanya perbedaan yang mencolok yaitu pada atau sama dengan pukul 19:15:00 BBWI dan berikutnya Perhitungan posisi rata-rata dan standar deviasinya akhirnya menunjukkan angka yang sama .

Tabel 4. 5. Perbandingan Nilai GPS3

| | GPS3 7Juni 2014 |
|---|---|
| Elevasi Rata-Rata | 72.42092838 |
| Standar Deviasi | 0.04190429 |

| | |
|---|---|
| Nilai Deformasi (m) | -0.07003587 |

Nilai deformasi didapat rata-rata nilai perubahan posisi secara keseluruhan dan menunjukkan perbedaan sebesar 0.062195048 m atau 6.2195048 cm.

Dan nilai ini lebih kecil dari penelitian pada tahun 2011 yang pada waktu itu mencapai 19.327 cm (egisa tarwina maris,2011)

## 4.2 Menghilangkan *Outliers* Data

Dari hasil yang telah didapat, dapat dilihat bahwa ada beberapa Elevasi yang mengalami loncatan Elevasi yang ekstrem (*outliers*) terhadap nilai rata-ratanya. Nilai loncatan tersebut sebesar 0.092386353 m atau 9.2386353cm

Menurut Abidin, 2006 jika dilakukan plotting data pengamatan fase terhadap waktu, maka cycle slip dapat dikenali dari loncatan mendadak kurva grafik. Adanya *outliers* pada data ini disebabkan oleh cycleslip maupun multipath yang terjadi saat pengukuran. *Cable stayed* dan *pylon* merupakan faktor penyebab adanya hal tersebut

Untuk menghilangkan data yang berupa *outliers* digunakan suatu batas untuk menerima maupun menolak *outliers*

tersebut. dalam uji statistik dikenal distribusi normal, untuk mengetahui sebaran data hasil pengukuran.

Distribusi normal memiliki parameter distribusi yaitu rata-rata (mean ) dan deviasi standar (standard deviation ). Untuk nilai tingkat kepresisian pengukuran, digunakan ketidakpercayaan 95% dan 68.3%. Dengan factor pengali k 1,96 untuk 95% uncertainty, hal tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran berada pada ±1,96 .

Setelah dilakukan distribusi normal dengan tingkat ketidakpercayaan 95% maupun 68.3%, ternyata masih ditemukan adanya *outliers*. Data tersebut kemudian difilter menggunakan *Moving Average* filter. Hal ini dilakukan untuk menghaluskan data *outlier* yang masi berada dalam tingkat kepresisian yang digunakan.

Prinsip kerja *Moving Average* filter sama dengan lowpass filtering yaitu menghaluskan data dengan cara menggantikan suatu nilai data tersebut dengan rata-rata nilai data terdekat, yang didefinisikan dengan *span*.

Dimana adalah data ke i yang telah dihaluskan. N adalah jumlah data pada salah satu dari dua sisi data terdekat . 2N+1

adalah *span*. Dalam penelitian ini digunakan span 61, yaitu mehaluskan 30 data di sisi kanan dan 30 data di sisi kiri untuk 1 titik.

## 4.3 Nilai Deformasi Jembatan Suramadu

Dalam penelitian ini, posisi tinggi tetap GPS pada jembatan Suramadu diperoleh dari nilai rata-rata posisi tinggi terhadap ellipsoid pada saat dilakukannya pengukuran. Posisi rata-rata tersebut dianggap sebagai posisi suatu titik pada jembatan Suramdu yang belum terdeformasi atau tinggi awal jembatan Suramadu.

Deformasi pada suatu materi ditentukan oleh pergeseran dari partikel-partikel di dalam materi tersebut, misalkan :

$r_p$ = posisi partikel P pada saat t=0 (sebelum deformasi) ; dalam penelitian ini dinyatakan sebagai posisi rata-ratanya

$r'_p$ = posisi sesudah mengalami deformasi pada saat t>0

Mengacu pada persamaan (2.1) didapat nilai

deformasi, sebagai berikut :

$$d_p = r'_p - r_p = d_p\ (X_p,\ Y_p, Z_p; t)$$

Dalam Penelitian ini nilai deformasi jembatan Suramadu didapat dari nilai posisi jembatan dikurangi nilai posisi rata-ratanya.

Tabel 4.6. Nilai Deformasi Jembatan Suramadu

| Waktu | Titik | Nilai Deformasi (m) | Pergerakan lendutan Maksimum (cm ) |
|---|---|---|---|
| 7 Juni 2014 | GPS2 | | 8.45455314 |
| | | -0.0603587 | |
| | | | -7.387669082 |
| | | | |
| | GPS3 | | 7.75160628 |
| | | -0.07003587 | |
| | | | -6.219504831 |

Pada data di atas menunjukkan bahwa nilai pergerakan ledutan maksimum mencapai 8.5 cm, namun nilai deformasi jembatan Suramadu mendekati nol, hal ini menunjukkan bahwa jembatan tersebut cenderung akan kembali ke posisi

rata-ratanya jika terlepas dari muatannya.

## 4.4 Data Kendaraan

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kendaraan yang melintasi Jembatan Suramadu selama dilakukan pengukuran.

Pada Pengukuran GPS yang pertama dilakukan selama kurang lebih 12 jam yaitu dari hari Sabtu, 7 Juni 2014 pukul 10:15 hingga pukul 22:15

Data traffic yang didapat berupa data mobil dan motor, sehingga tidak diketahui jenis mobil tersebut. Data tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7. Daftar Jumlah Kendaran Jembatan Suramadu

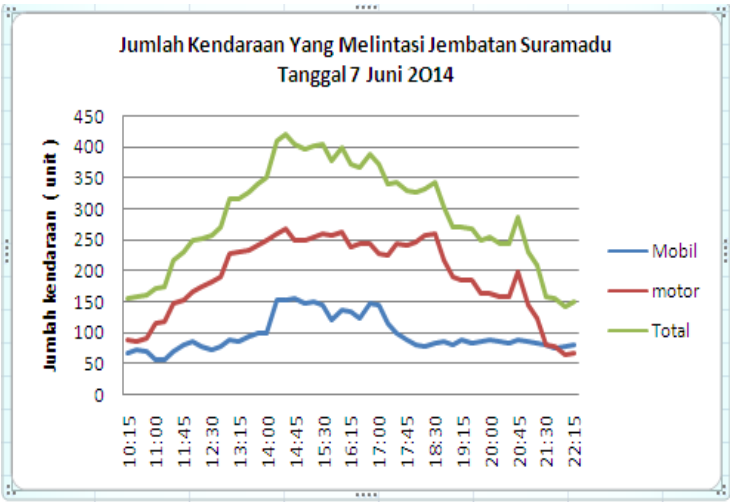
Tanggal 7 Juni 2014

| Jam | Mobil | motor | jumlah |
|---|---|---|---|
| 10:15 | 67 | 88 | 155 |
| 10:30 | 70 | 86 | 156 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10:45 | 69 | 91 | 160 |
| 11:00 | 55 | 115 | 170 |
| 11:15 | 56 | 118 | 174 |
| 11:30 | 68 | 148 | 216 |
| 11:45 | 78 | 153 | 231 |
| 12:00 | 84 | 166 | 250 |
| 12:15 | 76 | 176 | 252 |
| 12:30 | 72 | 184 | 256 |
| 12:45 | 77 | 192 | 269 |
| 13:00 | 88 | 228 | 316 |
| 13:15 | 84 | 231 | 315 |
| 13:30 | 92 | 235 | 327 |
| 13:45 | 98 | 242 | 340 |
| 14:00 | 99 | 251 | 350 |
| 14:15 | 150 | 260 | 410 |
| 14:30 | 152 | 269 | 421 |
| 14:45 | 154 | 250 | 404 |
| 15:00 | 145 | 251 | 396 |
| 15:15 | 148 | 255 | 403 |
| 15:30 | 142 | 262 | 404 |
| 15:45 | 120 | 258 | 378 |
| 16:00 | 135 | 264 | 399 |
| 16:15 | 133 | 240 | 373 |
| 16:30 | 121 | 246 | 367 |
| 16:45 | 145 | 245 | 390 |
| 17:00 | 143 | 230 | 373 |
| 17:15 | 115 | 225 | 340 |
| 17:30 | 98 | 245 | 343 |
| 17:45 | 86 | 243 | 329 |
| 18:00 | 78 | 248 | 326 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 18:15 | 76 | 257 | 333 |
| 18:30 | 82 | 262 | 344 |
| 18:45 | 84 | 218 | 302 |
| 19:00 | 80 | 191 | 271 |
| 19:15 | 86 | 185 | 271 |
| 19:30 | 82 | 186 | 268 |
| 19:45 | 85 | 164 | 249 |
| 20:00 | 88 | 165 | 253 |
| 20:15 | 84 | 158 | 242 |
| 20:30 | 83 | 160 | 243 |
| 20:45 | 86 | 200 | 286 |
| 21:00 | 84 | 145 | 229 |
| 21:15 | 82 | 125 | 207 |
| 21:30 | 78 | 80 | 158 |
| 21:45 | 75 | 79 | 154 |
| 22:00 | 76 | 65 | 141 |
| 22:15 | 80 | 69 | 149 |
| | | total | 14093 |

Untuk memudahkan dalam membaca data dan korelasi dengan koordinat posisinya, maka data tersebut diplot kedalam suatu bentuk grafik




Gambar 4.3. Grafik Jumlah Kendaraan 7 Juni 2014 dalam Satuan Unit

## 4.5 Korelasi Perubahan Posisi dan Muatan Kendaraan

### 4.5.1 Analisis Korelasi Deformasi

Pada analisis korelasi deformasi ditentukan nilai deformasi jembatan Suramadu, yang diperoleh dari penjumlahan deformasi tiap titik terhadap posisi rata-rata jembatan tersebut dan nilai jumlah keseluruhan traffic pada saat dilakukannya pengamatan.

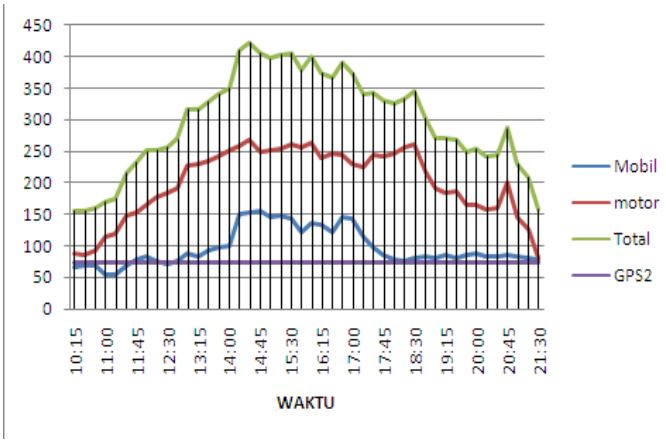
Untuk menentukan seberapa besar pergerakan jembatan pada saat dilakukannya pengukuran, maka nilai deformasi tersebut dibagi dengan jumlah satuan mobil penumpang pada saat yang bersamaan. Sehingga akan didapat nilai pergerakan

jembatan yang disebabkan adanya satuan mobil penumpang.

#### 4.5.1.1 <u>Data 7 Juni 2014</u>

1. GPS 2

Deformasi jembatan Suramadu pada tanggal 7 Juni 2014 pada posisi suatu titik di bentang tengah arah Madura adalah sebesar -0.0603587m dari tinggi rata-rata yang dihitung dari ellipsoid yang disebabkan adanya 14093 unit kendaraan yang melintasi jembatan Suramadu.




Gambar 4.4. Grafik Korelasi Perubahan Posisi GPS 2 Pada 7 Juni 2014 dengan Jumlah Kendaraan

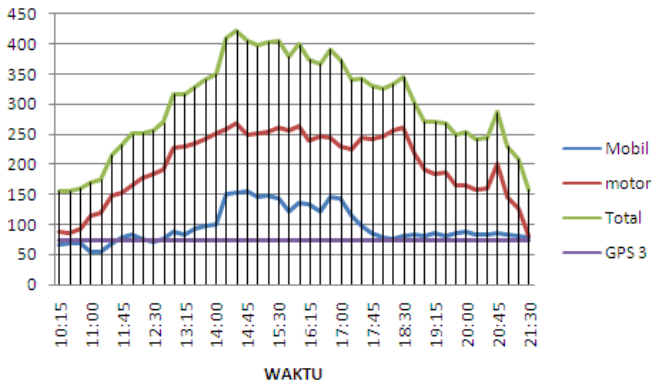
Pergerakan lendutan ke atas maksimum dari posisi GPS 2 yang berada di sisi Madura adalah 8.45455314 cm. Pada saat terjadi gerakan tersebut ada muatan kendaraan sejumlah 403 unit yang terdiri dari 255 sepeda motor dan 148 mobil yang melewati jembatan Suramadu pada pukul 15.15.

Pergerakan lendutan ke bawah maksimum terjadi pada pukul 20.45-21.30 yaitu sebesar -7.387669082cm. Pada saat yang bersamaan jembatan Suramadu dilalui 880 unit kendaraan, yang terdiri dari 330 mobil dan 550 sepeda motor, dimana 15 menit sebelumnya juga telah dilalui 495 unit kendaraan.

Dari data pergerakan tersebut, menunjukkan bahwa jembatan Suramadu mengalami penurunan sebesar -0.00839508 cm ketika dilalui 1 satuan mobil penumpang.

2. GPS 3

Deformasi jembatan yang terjadi pada posisi GPS 3 sisi Surabaya adalah sebesar -0.07003587m dari tinggi rata-ratanya yang diukur dari ellipsoid. Pada saat terjadinya deformasi tersebut, jembatan Suramadu dilalui 14093 unit kendaraan.




Gambar 4.5. Grafik Korelasi Perubahan Posisi GPS 3 Pada 7 Juni 2014 dengan Jumlah Kendaraan

Lendutan ke atas maksimum dari posisi rata-ratanya yang terjadi pada GPS 2 di sisi Surabaya adalah sebesar 7.75160628 cm, pada saat pukul 19.15-19.30 tersebut jembatan Suramadu dilalui 271 unit kendaraan yang terdiri dari 185 sepeda motor dan 86 mobil.

Pergerakan lendutan ke bawah maksimum terjadi pada pukul 15.30-15.45 yaitu sebesar -6.219504831cm. Pada saat yang bersamaan jembatan Suramadu dilalui 782 unit

kendaraan, yang terdiri dari 262 mobil dan 520 sepeda motor.

Dari data pergerakan tersebut, menunjukkan bahwa jembatan Suramadu mengalami penurunan sebesar -0.00795333cm ketika dilalui 1 satuan mobil penumpang.

### 4.5.2 Nilai Koefisien Korelasi

Korelasi bermanfaat untuk mengukur kekuatan hubungan antara dua variabel. Uji korelasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah korelasi Pearson. Koefisien korelasi adalah asosiasi antara dua variable. Berdasarkan persamaan (2.11) koefisien korelasi dirumuskan sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{((n\sum x^2 - \sum x)^2)\,(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Keterangan :

| | |
|---|---|
| $\Sigma xy$ | : Jumlah perkalian variabel x dan y |
| $\Sigma x$ | : Jumlah nilai variabel x |
| $\Sigma y$ | : Jumlah nilai variabel y |
| $\Sigma x^2$ | : Jumlah pangkat dua nilai variabel x |
| $\Sigma y^2$ | : Jumlah pangkat dua nilai variabel y |
| n | : Banyaknya sampel |

Nilai koefisien korelasi dicari menggunakan software SPSS Statistics. Didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8. Nilai Koefisien Korelasi

| Data | GPS 2 | GPS 3 |
|---|---|---|
| Traffic 1 Januari 2011 | 0.155 | 0.236 |
| Traffic 12 Mei 2011 | 0.03 | -0.79 |
| Traffic 13 Mei 2011 | -0.311 | -0.234 |
| Traffic 7 Juni 2014 | 0 | 0.016 |

Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya).

Nilai pada data traffic 1 Januari ,12 Mei dan 13 Mei diatas sangat jauh dari korelasi sempurna, yaitu 1. Terjadi korelasi negative yang kuat pada pengukuran 12 Mei 2011 yaitu pada posisi GPS 2 dan satuan mobil penumpang yang melintasinya. Sedangkan korelasi yang sangat lemah juga terjadi pada hari yang bersamaan yaitu antara GPS 1 dengan satuan mobil penumpang yang melintasinya. Sedangkan korelasi traffic

tanggal 7 Juni 2014 mendekati sempurna

Dari nilai koefisien korelasi diatas dapat ditentukan kecenderungan jumlah satuan mobil penumpang mempengaruhi turun atau naiknya tinggi lantai jembatan.

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

90

.

68

82