

Perbandingan Pengukuran Jarak Tempuh Sepeda Motor antara Google Maps dan Modul GPS Berbasis Mikrokontroler

Microcontroller Based Distance Measuring Comparison on Motorcycle using Google Maps and GPS Module

¹Hamman Aryo Bimmo, ²AndrianRakhmatsyah S.T.,M.T., ³Aji Gautama Putrada S.T.,M.T.,

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹hambim93@gmail.com, ²andrianrakhmatsyah@staff.telkomuniversity.ac.id,

³ajigps@staff.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dewasa ini, ojek online berhasil meraup banyak pelanggan, menggunakan aplikasi *smartphone* pelanggan dapat memesan jasa ojek online. Tarif yang ditentukan merupakan jarak tempuh dari titik berangkat sampai titik tujuan (yang diperkirakan oleh map dalam aplikasi *Google Maps*) dan dikalikan dengan sejumlah konstanta tarif per kilonya. Namun kenyataannya belum tentu pengendara ojek mengikuti jalur sesuai dengan yang tertera pada aplikasi map, jarak tempuh yang dilalui bisa jadi lebih dekat atau lebih jauh. Untuk mencegah kerancuan penentuan jarak, maka dibuatlah alat penghitungan jarak tempuh yang benar benar ditempuh oleh motor. Rancangan sistem penghitungan jarak tempuh yang diajukan terdiri dari mikrokontroler yang dihubungkan dengan modul GPS untuk menghitung jarak tempuh dengan frekuensi *sampling* yang relatif rendah. Setelah mendapatkan hasil dari GPS, data akan dibandingkan dengan aplikasi *Google Maps* yang sekarang dipakai oleh ojek online guna membandingkan akurasinya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengukuran dengan alat GPS lebih akurat dibandingkan dengan pengukuran jarak oleh aplikasi ojek *online*. Hasil pengukuran jarak pada jarak 5 meter – 200 meter menunjukkan bahwa GPS yang dibuat lebih akurat, pada jarak 200 – 5000 meter *Google Maps* lebih akurat dan pada jarak 5000 meter – 10000 meter GPS yang dibuat lebih akurat.

Kata kunci: Modul GPS, Mikrokontroler, Google Maps

Abstract

Nowadays online ojek is quite success by having many customer, using *smartphone* app, customer can order a service of an online ojek. Ojek fare determined by the distance between the start point to the destination point using certain route (based on *Google Maps* Apps) and multiplied by particular number (for each kilometer cost). On the progress though, not every ojek driver use the route that has been generated by the *Google Maps* Apps, hence causing the difference between the planned route's mileage and the real distance traveled during one session may it be more or less. By building a system that capable of keeping the distance traveled in check, this problem could be prevented. The mileage measurement system consist of microcontroller connected to GPS module with a low frequency sampling. The result of this system will be compared with *Google Maps* Apps which is currently being used by the online ojek system to compare the accuracy. The result of this research shows that the measurement using GPS module is more accurate than application currently used by online ojek. The result of the test on 5 – 200 meters shows that the GPS module is more accurate, while on 200 – 5000 meters *Google Maps* is more accurate and lastly on 9000 – 10000 meters the GPS module is more accurate.

Keywords: GPS Module, Microcontroller, Google Maps

1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi dapat merambah ke berbagai bidang, begitu pula bidang transportasi. Jasa ojek *online* merupakan salah satu contoh yang sedang populer di masyarakat pada saat ini, memanfaatkan aplikasi pada *smartphone*, calon penumpang dapat memesan ojek motor sesuai kebutuhan. Menggunakan aplikasi *Google Maps* sebagai acuan untuk menentukan jarak yang nantinya dipakai untuk menetapkan tarif per layanannya, hal tersebut tampak cukup efisien karena tidak memerlukan alat tambahan lainnya. Namun berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan ternyata penentuan rute pada ojek motor *online* tersebut masih memperlihatkan adanya kemungkinan perbedaan dengan rute yang sebenarnya ditempuh, sehingga menyebabkan adanya perbedaan jarak antara yang di-generate oleh aplikasi ojek *online* dengan yang sebenarnya ditempuh. Setelah melakukan perhitungan jarak dari lokasi awal ke tujuan yang dapat di lihat di aplikasi ojek online tersebut (berbasis *Google Maps*), total tarif yang harus dibayarkan oleh pemesan ojek motor *online* tersebut didapat dari perhitungan jarak tempuh yang dikalikan dengan konstanta biaya per kilonya.

Untuk menangani perbedaan di atas dapat dilakukan dengan pengukuran mandiri menggunakan *Google Maps*. Pengukuran *Google Maps* secara mandiri ini digunakan untuk membuktikan adanya kemungkinan perbedaan jarak tempuh antara aplikasi yang digunakan ojek *online* dan jarak yang ditempuh sebenarnya. Penghitungan jarak antara dua titik oleh *Google Maps* menggunakan rumus *Haversine* [1], namun akurasi dari pengukuran jarak oleh *Google Maps* tersebut tidak diketahui.

Pengujian Mandiri menggunakan *Google Maps* tidak dapat digunakan untuk menghitung akumulasi jarak sesungguhnya yang telah ditempuh, oleh karena itu dirancanglah sebuah sistem yang mengukur jarak menggunakan modul GPS dengan jeda pengambilan *sample* yang berukuran kecil. Jarak yang didapat dari sistem GPS yang dibuat juga dibandingkan dengan perkiraan jarak tempuh yang didapat dari aplikasi penunjuk jalan (*Google Maps*) sehingga dapat dilihat apakah terdapat perbedaan jarak tempuh sebenarnya dan jarak tempuh yang diperkirakan.

2 Dasar Teori

2.1 Related Works

Jules G. McNeff menjelaskan GPS secara umum serta kegunaannya di bidang transportasi. GPS merupakan sistem penentuan posisi, waktu serta navigasi yang dikembangkan oleh U.S. *Department of Defense* (DoD). Pada bidang transportasi, GPS diharapkan dapat menggantikan sistem navigasi radio yang berlandaskan di daratan dan mulai dikembangkan di awal tahun 1990 [2].

Jagannathan Parthasarathy menjelaskan proses perancangan sistem penentuan posisi serta navigasi. Sistem rancangan yang dibuat berhasil memberikan gambaran atas apa yang dapat dilakukan dengan teknologi GPS menggunakan *GPS Receiver* sederhana. GPS dapat memperoleh data serta menentukan lokasi pengguna dan menampilkannya pada peta elektronik pengguna [3].

Hnin Si; Zaw Min Aung menjelaskan tentang sistem untuk mengakuisisi data dengan berdasarkan Magellan Sport Trak GPS, PIC 16F628A dan *Personal Computer* (PC). Data posisi yang berupa *latitude* dan *longitude* diekstrak dari protokol NMEA milik *GPS Receiver* [4].

Denise Jennings; Stuart Cormack; Aaron J. Coutts; Luke Boyd; Robert J. Aughey melakukan penelitian tentang validitas dan keandalan dari data suatu jarak menggunakan GPS. Akurasi menurun saat kecepatan bertambah, semakin besar *sampling rate*, validitas data akan semakin tinggi [5].

Thaddeus Vincenty menjelaskan tentang formula langsung dan invers dari geodesi dalam berbagai jarak. Formula yang sudah ada diperbarui guna mengkonservasi memori dan mengurangi waktu eksekusi dalam pemrograman [6].

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu *integrated circuit* (IC) memiliki fungsi untuk mengendalikan rangkaian elektronik, serta dapat menyimpan program di dalamnya. IC Mikrokontroler memiliki kepadatan tinggi, dimana semua bagian yang diperlukan untuk suatu *controller* sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari : CPU (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM/EPROM/PROM/ROM, I/O, Serial & Parallel, Timer, Interrupt Controller, dll. Rata-rata mikrokontroler memiliki instruksi manipulasi bit, akses I/O secara langsung dan mudah, juga proses interrupt yang cepat dan efisien. Dengan kata lain mikrokontroler adalah "solusi dalam satu chip" yang secara drastis mengurangi jumlah komponen dan biaya desain (harga relatif rendah) [7].

2.3 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan layar panel datar yang tipis sehingga dapat membiarkan cahaya lewat melalui panel tersebut. Panel tersebut terbuat dari beberapa blok dan setiap bloknya berisikan dengan *liquid crystal*. LCD sering dipakai di berbagai alat, mulai dari jam tangan, monitor komputer, TV sampai *smartphone* [8].

2.4 GPS

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem yang bekerja melalui kumpulan satelit yang memiliki orbit mengitari bumi sehari dua kali, mengirimkan informasi waktu dan posisi (*latitude, longitude, altitude*) secara presisi [3]. Dengan *receiver* GPS, pengguna dapat mengetahui lokasi mereka di manapun di permukaan bumi. Secara keseluruhan, GPS memiliki tiga bagian, pertama sistem yang terletak sekitar 20 ribu kilometer di atas permukaan bumi terdapat setidaknya 24 buah satelit yang berfungsi pada tahun 2015 [9]. Bagian yang kedua merupakan stasiun yang terdapat di bumi guna memonitor dan *manage* konstelasi satelit. Bagian terakhir adalah GPS *receiver* yang terdapat pada *end user* yang berfungsi untuk menangkap data yang dikirimkan satelit [10]. Kondisi atmosfer yang berubah mengakibatkan kecepatan sinyal GPS berubah karena sinyal tersebut melewati atmosfer bumi dan ionosfer sehingga kecepatan gelombang mikro dari satelit akan berubah dan mempengaruhi perhitungan jarak menjadi tidak akurat [11]. Pada setiap informasi yang masuk, modul GPS akan menerima *timestamp* dari setiap satelit yang terlihat, oleh karena itu GPS *Receiver* dapat mengetahui jarak dari setiap satelit yang terlihat. Jika GPS *Receiver* bisa melihat minimal empat satelit, maka GPS dapat mengetahui posisi dan waktu secara akurat [12]. Akurasi GPS bergantung pada beberapa variabel, seperti kekuatan sinyal, posisi satelit, cuaca, atau gangguan seperti bangunan maupun gunung, beberapa faktor tersebut dapat menimbulkan *error*/kesalahan pada GPS [12]. Ada beberapa *error* yang tidak bisa ditangani langsung oleh bagian kontrol dan bagian luar angkasa, seperti distorsi sinyal yang disebabkan oleh kilauan ionosfer dan/atau troposfer, gangguan pada *receiver* (termasuk kekuatan sinyal dan interferensi), residu *error* kompensasi *delay* pada lapisan ionosfer dan/atau troposfer, kesalahan pada perangkat keras atau perangkat lunak [13].

2.5 Vincenty Formulae

Vincenty Formula digunakan untuk mencari jarak geodesik di permukaan elips. Vincenty Formula memiliki dua penyelesaian masing-masing untuk dua masalah, *direct solution* dan *inverse solution*. Perbedaan antara *direct solution* dan *inverse solution* terletak pada data apa yang dicari dan diketahui, *direct solution* digunakan untuk mencari lokasi dari suatu titik dengan diketahuinya satu titik dan jarak, sedangkan *inverse solution* mencari jarak dari dua titik dengan diketahuinya lokasi dua titik tersebut [6]. *Inverse solution* adalah penyelesaian yang digunakan pada kasus ini. Berikut formula perhitungannya.

$$c = 6378137$$

$$l = 6356752.314$$

$$\sin^2 \sigma = (\cos u_1 \sin \lambda)^2 + (\cos u_1 \sin \lambda - \sin u_1 \cos \lambda \cos \lambda)^2$$

$$\cos \sigma = \sin u_1 \sin \lambda + \cos u_1 \cos \lambda \cos \lambda$$

$$\tan \sigma = \frac{\sin \sigma}{\cos \sigma}$$

$$\sin \alpha = \frac{c \cos u_1 \cos \lambda \sin \lambda}{\sin \sigma}$$

$$\cos 2\alpha = \cos \sigma - \frac{2 \sin u_1 \sin \lambda}{\cos^2 \alpha}$$

$$l = 16 \cos^2 \alpha [4 + 4 - 3 \cos^2 \alpha]$$

$$l = l - (1 - \sin \alpha \sigma + \sin \sigma [\cos 2\alpha + \cos \sigma (-1 + 2 \cos^2 2\alpha)])$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{l^2 - l^2}{16}$$

$$l = 1 + \frac{l^2}{16384} \{4096 + l^2 [-768 + l^2 (320 - 175 l^2)]\}$$

$$l = 1024 \{256 + l^2 [-128 + l^2 (74 - 47 l^2)]\}$$

$$\Delta \alpha = \sin \sigma \left\{ \cos 2\alpha + \frac{1}{4} [\cos \alpha (-1 + 2 \cos \alpha)] \right. \\ \left. - \frac{1}{6} \cos 2\alpha (-3 + 4 \sin^2 \alpha) (-3 + 4 \cos^2 2\alpha) \right\}$$

$$c = l \cos \alpha - \Delta \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{c \cos \lambda \sin \lambda}{\cos u_1 \sin \lambda - \sin u_1 \cos \lambda \cos \lambda}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{c \cos u_1 \sin \lambda}{-\sin u_1 \cos \lambda + \cos u_1 \sin \lambda \cos \lambda}$$

3 Pengujian

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan 3 skenario pengujian, yaitu :

3.1 Pengujian Sampling GPS

Pengujian *sampling* GPS adalah pengujian yang pertama sebelum dilanjutkan ke pengujian selanjutnya. Pada tahap ini GPS yang telah dibuat akan diuji jeda waktu pengambilan data terhadap waktu dengan satuan detik. Pengujian ini akan dilakukan beberapa kali guna menentukan *sampling* untuk interval pengambilan data yang terbaik. Pengujian dilakukan dengan membandingkan frekuensi pengambilan data pada waktu 0.25 detik, 0.5 detik, satu detik dan dua detik, pada jarak 9, 15, 20 dan 24 meter yang diukur *manual* dengan menggunakan meteran.

3.2 Pengujian Pengukuran Jarak dan Selisih Jarak Sebenarnya pada GPS

Pada tahap ini GPS akan diuji akurasi dan akan dihitung selisih dari hasil pengujian yang didapat dari GPS dan jarak yang sebenarnya. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil perhitungan jarak dari sistem yang telah dibuat dan menghitung selisih dari hasil yang telah didapat dari sistem dengan jarak sebenarnya (jika ada). akan diujikan beberapa kali dengan cara mengambil contoh jarak yang tidak terlalu jauh menggunakan meteran dan menggunakan rambu jarak pada jalan tol untuk pengukuran jarak yang jauh. Pengujian dilakukan dengan pengambilan dua titik yang kemudian akan diukur jaraknya.

3.3 Penghitungan Pengukuran Kedua Alat

Pengujian ini melibatkan kedua alat secara bersamaan dengan menggunakan jasa dari ojek *online*. Gambar hasil penentuan jarak dari aplikasi ojek *online* tersebut juga dicantumkan. Tujuan dari pengujian ini untuk melihat perbedaan jarak (jika ada) dari kedua alat pengukuran yang dibandingkan, yaitu GPS yang telah dibuat dan aplikasi penunjuk jalan *Google Maps*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan jasa ojek *online* dari satu titik awal ke titik tujuan dengan tidak menggunakan jalur yang di-generate oleh aplikasi ojek *online*. Hasil penghitungan jarak dari GPS yang telah dibuat dan *Google Maps* akan dibandingkan.

4. Hasil Pengujian

Berikut merupakan hasil dari 3 skenario pengujian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini:

4.1 Pengujian Sampling

Hasil dari pengujian sampling pada 9 dan 15 meter ada pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Sampling pada Jarak 9 Meter

Interval Pengambilan Data (s)	Hasil Pengujian Pertama (m)	Hasil Pengujian Kedua (m)	Hasil Pengujian Ketiga (m)	Hasil Pengujian Keempat (m)	Hasil Pengujian Kelima (m)	Persentase Error Rata-Rata (%)
0.25	10.03	11.54	10.21	10.38	11.75	19.80
0.5	10.96	13.12	9.61	10.40	8.44	19.22
1	9.38	8.85	8.70	10.94	11.04	10.69
2	11.12	10.08	6.99	10.40	11.53	20.31

Tabel 4.2 Sampling pada Jarak 15 Meter

Interval Pengambilan Data (s)	Hasil Pengujian Pertama (m)	Hasil Pengujian Kedua (m)	Hasil Pengujian Ketiga (m)	Hasil Pengujian Keempat (m)	Hasil Pengujian Kelima (m)	Persentase Error Rata-Rata (%)
0.25	20.77	17.28	16.26	16.09	17.87	17.69
0.5	16.85	17.69	13.93	16.87	15.45	10.57
1	12.57	13.12	14.71	11.10	14.21	12.39
2	13.07	18.89	13.28	17.99	11.53	18.67

persentase *error* pada frekuensi pengambilan data 0.25 detik dan 2 detik cukup tinggi. Pada *datasheet* GPS REB-4216 dijelaskan bahwa akurasi penentuan koordinat pada GPS mencapai 90% dan berpeluang adanya pergeseran penentuan koordinat dengan rentang sampai dengan 10 meter [14], sehingga hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya suatu kondisi; apabila semakin tinggi frekuensi pengambilan data semakin besar peluang untuk terjadi pergeseran. Berdasarkan pengamatan, persentase *error* pada frekuensi pengambilan data yang rendah (2 detik) disebabkan oleh lambatnya penerimaan data, apalagi jika terdapat perubahan arah (*Change of Direction*) saat melakukan pengukuran jarak. Berikut merupakan grafik dari pengujian *sampling* dari masing-masing jarak.

Tabel 4.3 Rata-Rata Persentase Error 9 dan 15 Meter

Interval Pengambilan Data (s)	Persentase Error Jarak 9m (%)	Persentase Error Jarak 15m (%)	Rata-Rata Persentase Error Kedua Jarak (%)
0.25	19.80	20.31	18.75
0.5	19.22	10.57	14.90
1	10.69	12.39	11.54
2	17.69	18.67	19.49

Setelah mendapatkan hasil rata-rata persentase error, ternyata interval pada satu detik merupakan interval dengan error paling rendah, namun pada pengujian jarak 15 meter persentase *error* pada frekuensi 0.5 detik lebih kecil dibanding pada saat satu detik, oleh karena itu akan dilanjutkan pengujian *sampling* dengan interval 0.5 detik dan satu detik pada jarak 20 meter dan 24 meter.

Tabel 4.4 Hasil Sampling 0.5 dan 1 detik pada 20 Meter

Interval Pengambilan Data (s)	Hasil Pengujian Pertama (m)	Hasil Pengujian Kedua (m)	Hasil Pengujian Ketiga (m)	Hasil Pengujian Keempat (m)	Hasil Pengujian Kelima (m)	Persentase Error Rata-Rata (%)
0.5	22.49	21.97	23.14	22.71	21.12	11.43
1	23.82	18.94	20.56	20.45	22.85	8.74

Tabel 4.5 Hasil Sampling 0.5 dan 1 detik pada 20 Meter

Interval Pengambilan Data (s)	Hasil Pengujian Pertama (m)	Hasil Pengujian Kedua (m)	Hasil Pengujian Ketiga (m)	Hasil Pengujian Keempat (m)	Hasil Pengujian Kelima (m)	Persentase Error Rata-Rata (%)
0.5	25.57	24.31	25.10	26.98	27.85	8.18
1	24.99	25.46	27.24	25.35	26.26	7.75

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa persentase *error* pada interval pengambilan data saat satu detik lebih baik karena lebih kecil dibandingkan pada saat 0.5 detik. Persentase kesalahan pada interval 0.5 detik dapat disebabkan oleh banyaknya akumulasi pergeseran seperti yang sudah dijelaskan di atas [14].

4.2 Pengujian Pengukuran Jarak

Pengujian ini dilakukan dalam dua tahap, pertama pengukuran jarak pendek menggunakan meteran, dan jarak jauh menggunakan rambu jarak yang ada pada jalan tol, berikut merupakan hasil pengujiannya

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran 0 – 100 Meter

Jarak (m)	Hasil Pengujian Sistem (m)	Hasil Pengujian Google Maps (m)	Persentase Error Sistem (%)	Persentase Error Google Maps (%)
5	4.91	2	1.80	60.00
10	10.21	7	2.10	30.00
50	47.64	43	4.72	14.00
100	100.02	91	0.02	9.00

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran 200 – 1000 Meter

Jarak (m)	Hasil Pengujian Sistem (m)	Hasil Pengujian Google Maps (m)	Persentase Error Sistem (%)	Persentase Error Google Maps (%)
200	193.18	190	3.41	5.00
400	407.89	400	1.97	0.00
600	609.29	600	1.55	0.00
800	806.90	800	0.86	0.00
1,000	1,024.96	1,000	2.50	0.00

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran 5000 – 10000 Meter

Jarak (m)	Hasil Pengujian Sistem (m)	Hasil Pengujian Google Maps (m)	Persentase Error Sistem (%)	Persentase Error Google Maps (%)
5,000	5,004.88	5,000	0.10	0.00
9,000	9,078.87	9,100	0.88	1.11
10,000	10,123.83	10,200	1.24	2.00

Setelah dilakukan pengujian ternyata ada skema pembulatan angka jarak pada aplikasi *Google Maps* pada kelipatan 10^x meter. Pada saat jarak hasil perhitungan *Google Maps* berada pada rentang 0 – 10 meter, pembulatan diterapkan setiap 1 meter, saat hasil perhitungan berada pada rentang 10 – 100 meter maka pembulatan dilakukan setiap 10 meter, pada 100 – 1000 meter pembulatan dilakukan setiap 100 meter, pada 1000 – 10000 meter maka pembulatan dilakukan setiap 1000 meter dan seterusnya.

Setelah itu dilakukan pengujian pengukuran jarak menggunakan sepeda motor dengan odometer sebagai acuan jarak sebenarnya pada kecepatan rata-rata 40 km/jam. Berikut merupakan tabel hasil pengujian :

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Menggunakan Sepeda Motor dengan Kecepatan Rata-Rata 40km/jam

Jarak (m)	Hasil Pengujian Google Maps (m)	Hasil Pengujian Sistem (m)	Persentase kesalahan Google Maps (%)	Persentase kesalahan Sistem (%)
5.00	3	5.22	40.00	4.40
10.00	7	10.68	30.00	6.80
20.00	23	21.06	15.00	5.30
30.00	33	31.94	10.00	6.47
40.00	38	40.20	5.00	0.50
50.00	44	48.84	12.00	2.32
60.00	54	58.76	10.00	2.07
70.00	63	71.83	10.00	2.61
80.00	84	82.24	5.00	2.80
90.00	94	91.69	4.44	1.88
100.00	110	102.76	10.00	2.76
200.00	190	205.38	5.00	2.69
300.00	300	309.41	0.00	3.14
400.00	400	408.23	0.00	2.06
500.00	500	511.67	0.00	2.33
600.00	600	613.94	0.00	2.32
700.00	700	692.72	0.00	1.04

Persentase kesalahan pada *Google Maps* hampir tidak ada, namun pada saat 8000 – 10000 meter persentase *error* pada *Google Maps* berada di atas 0%. Hal tersebut disebabkan adanya pembulatan oleh *Google Maps*. Pada sistem GPS yang telah dibuat, persentase kesalahan tidak ada yang mencapai 5% dan fluktuatif, tidak dapat ditemukan adanya korelasi apapun terkait sebab persentase *error* yang naik turun.

4.3 Pengujian Perbandingan Google Maps dan GPS

Pada tahap ini pengujian terhadap dua alat yaitu *Google Maps* dan GPS yang telah dibuat dilakukan. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak dari Perumahan Permata Buah Batu di Kabupaten Bandung ke Jaya Plasa di daerah Kosambi. Berikut tabel perbandingan antara jarak yang di-generate aplikasi ojek online, *Google Maps*, dan GPS yang telah dibuat.

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Jarak Aplikasi Ojek Online, *Google Maps* dan GPS yang Dibuat

Jarak yang di-generate aplikasi ojek online (km)	Jarak yang ditempuh sebenarnya hasil pengukuran <i>Google Maps</i> (km)	Jarak yang ditempuh sebenarnya hasil pengukuran GPS (km)
9.1	8.55	8.58

Berdasarkan tabel 4.9, perbedaan antara jarak yang di-generate oleh aplikasi ojek online dan jarak yang sebenarnya ditempuh baik menggunakan *Google Maps* maupun GPS yang telah dibuat cukup besar. Perhitungan jarak menggunakan *Google Maps* tercatat 8.55 Kilometer, sedangkan jarak yang ditempuh sebenarnya menggunakan sistem yang telah dibuat tercatat 8.58 Kilometer. Selisih hasil ujian adalah 0.55 km menggunakan *Google Maps* dan 0.52 menggunakan GPS yang telah dibuat.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- Hasil pengujian menyimpulkan bahwa terdapat pembulatan pada aplikasi *Google Maps* dengan kelipatan 10, 100, 1000 meter dan seterusnya pada saat jarak hasil penentuan jarak pada *Google Maps* berkisar pada masing-masing jarak kelipatan tersebut.
- Hasil Pengujian pada sistem GPS yang telah dibuat, persentase *error*-nya tidak mencapai 5% dan bersifat fluktuatif.
- Pengujian saat mengendarai ojek online menunjukkan bahwa pengukuran dengan alat GPS lebih akurat daripada pengukuran jarak oleh aplikasi ojek online.

Daftar Pustaka

- [1] P. O., "StackOverflow," 22 November 2016. [Online]. Available: <http://stackoverflow.com/questions/38248046/is-the-haversine-formula-or-the-vincentys-formula-better-for-calculating-distan>. [Accessed 28 December 2016].
- [2] J. G. McNeff, "The Global Positioning System," *IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES*, vol. 50, no. 3, p. 8, 2002.
- [3] P. Jagannathan, "Positioning and Navigation System Using GPS," *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, vol. XXXVI, no. 6, p. 5, 2006.
- [4] H. Si, Aung and Z. M., "Position Data Acquisition from NMEA Protocol of Global," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 3, no. 3, p. 5, 2011.
- [5] D. Jennings, S. Cormack, A. J. Coutts, L. Boyd and R. J. Aughey, "The Validity and Reliability of GPS Units for Measuring Distance in Team Sport Specific Running Patterns," *International*

Journal of Sports Physiology and Performance, vol. 5, p. 15, 2010.

- [6] T. Vincenty, "Direct and Inverse Solutions of Geodesics on the Ellipsoid with Application of Nested Equations," *Directorate of Overseas Surveys*, vol. XXIII, p. 7, 1975.
- [7] jrlamaral, "Electro Lover's," 17 April 2014. [Online]. Available: <http://jrlamaral.blogspot.co.id/2014/04/pengertian-dan-fungsi-mikrokontroler.html>. [Accessed 24 November 2015].
- [8] "Engineers Garage," 2012. [Online]. Available: <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>. [Accessed 24 November 2015].
- [9] "Gps.gov," National Coordination Office, 2016. [Online]. Available: <http://www.gps.gov/systems/gps/space/>. [Accessed 4 November 2015].
- [10] M. M. Awaludin, B. Sumajudin and A. N. Jati, "Desain dan Implementasi Automatic Finder untuk Pengarahan Antenna Berbasis GPS Modul dan Mikrokontroler ATMEGA 8535," *Fakultas Teknik Elektro dan Komunikasi IT Telkom*, p. 10, 2012.
- [11] A. E. Satria and K. Brahmana, "Pemakaian Modul GPS LR9540 (NMEA) untuk Mendapatkan Data Waktu Universal Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535," *FMIPA USU*, p. 9, 2013.
- [12] "sparkfun.com," [Online]. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/gps-basics#gps-accuracy->. [Accessed 24 January 2017].
- [13] Department of Defense, GPS Navstar, "GLOBAL POSITIONING SYSTEM STANDARD POSITIONING SERVICE PERFORMANCE STANDARD," U.S. Government, 2008.
- [14] RoyalTek Company, "REB-4216 Operation Manual," RoyalTek, Tao Yuan, 2012.