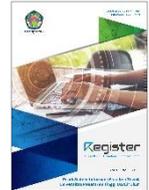


Tersedia online di www.journal.unipdu.ac.id

Unipdu

Halaman jurnal di www.journal.unipdu.ac.id/index.php/register

Regresi Linier berbasis *clustering* untuk deteksi dan estimasi halangan pada *smart wheelchair*

Putra Pandu Adikara ^a, Randy Cahya Wihandika ^b, Fitri Utaminingrum ^c, Yuita Arum Sari ^d, M. Ali Fauzi ^e, Dahniyal Syauqy ^f, Rizal Maulana ^g

^{a,b,c,d,e,f,g} Grup Riset Computer Vision, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

email: ^aadikara.putra@ub.ac.id, ^brendicahya@ub.ac.id, ^{f3}ningrum@ub.ac.id, ^dyuita@ub.ac.id, ^emoch.ali.fauzi@ub.ac.id, ^fdahniyal87@ub.ac.id, ^gsrizal_lana@ub.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 21 Oktober 2016

Revisi 11 Desember 2016

Diterima 6 Februari 2017

Online 16 Februari 2017

Kata kunci:

Deteksi halangan

Estimasi jarak halangan

k-Means clustering

Line laser

Regresi Linier

Keywords:

Obstacle detection

Obstacle distance estimation

Line laser

Linear Regression

k-Means clustering

Style APA dalam mensitasi artikel ini:

Adikara, P. P., Wihandika, R. C., Utaminingrum, F., Sari, Y. A., Fauzi, M. A., Syauqy, D., & Maulana, R. (2017). Regresi Linier berbasis clustering untuk deteksi dan estimasi halangan pada *smart wheelchair*. *Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi*, 3(1), 11-16.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan sebuah pendekatan dalam mendeteksi halangan dan memperkirakan jarak halangan untuk diterapkan pada kursi roda pintar (*smart wheelchair*) yang dilengkapi kamera dan *line laser*. Kamera menangkap sinar *line laser* yang jatuh di depan kursi roda untuk mengenali adanya halangan pada lintasan berdasarkan bentuk citra *line laser* tersebut. Estimasi jarak halangan dihitung dari hasil Regresi Linier. Metode Regresi Linier yang digunakan dalam penelitian ini adalah model bertingkat dengan *k*-Means clustering. Metode Regresi Linier model bertingkat digunakan untuk merepresentasikan korelasi antara jarak *line laser* pada citra dan jarak halangan secara aktual. Hasil metode Regresi Linier model bertingkat dengan *k*-Means clustering yang diujicobakan memberikan hasil yang lebih baik dengan RMSE sebesar 3.541 cm dibanding dengan Regresi Linier sederhana dengan RMSE sebesar 5.367 cm.

ABSTRACT

This research aim to propose a new approach to detect obstacles and to estimate the distance of the obstacle which is in this case applied to smart wheelchair equipped with camera and line laser. The camera capture the image of line laser reflected in front of the wheelchair to detect any existing obstacle on the wheelchair's pathway based on the line shape of reflected line laser. Obstacle's distance is estimated using Linier Regression. Linier Regression method used in this research is stepwise model using *k*-Means clustering. Linear Regression method with stepwise model will be used to represent the correlation between the distance of the line laser in the image and the actual distance of the obstacle in real world. The result of Linear Regression with stepwise model using *k*-Means clustering gave better result with RMSE of 3.541 cm than simple Linear Regression with RMSE of 5.367 cm.

© 2017 Register: Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Alat bantu mobilisasi sangat diperlukan bagi orang-orang yang mengalami kesulitan berjalan. Salah satu alat bantu mobilisasi yang dapat digunakan baik di dalam ruangan maupun luar ruangan adalah kursi roda. Kursi roda umum dipakai bagi orang-orang yang sulit berjalan atau penderita suatu penyakit yang menyebabkan sulit atau bahkan tidak dimungkinkannya untuk berjalan, misalnya penderita kelumpuhan dan penderita *Cerebral Palsy*. Seiring dengan berkembangnya teknologi, kursi roda yang awalnya dijalankan secara manual dengan cara memutar roda samping sekarang dijalankan secara elektrik menggunakan motor.

Teknologi saat ini sudah memungkinkan dalam pembuatan kursi roda pintar. Salah satu komponen penting dalam pembuatan kursi roda pintar adalah deteksi halangan dan estimasi jarak

halangan. Beberapa penelitian terkait hal tersebut diantaranya dilakukan oleh Jia, dkk (2011) yang mengimplementasikan teknik *stereo vision* pada mobile robot untuk mendeteksi dan mengikuti manusia. Campos, dkk (2016) memanfaatkan informasi spasial dan temporal dari video untuk mendeteksi halangan yang bersifat statis dan dinamis yang dipasang pada traktor dan beroperasi di lingkungan agrikultural. Yoo, dkk (2016) menggunakan *stereo vision* untuk sistem sensor parkir pada mobil dan menggunakan *superpixel* untuk membangun *disparity map*.

Selain *passive vision*, banyak sistem yang menggunakan *active vision* dan kombinasi antara keduanya untuk menangkap bentuk fisik lingkungan sekitar. Freitas, dkk (2012) yang menggunakan pemindai laser pada alat pemanen buah yang beroperasi di kebun sehingga alat tersebut dapat mendeteksi halangan dan melakukan navigasi secara otomatis. Labayrade, dkk (2005), Mahajan, dkk (2013), Young dan Simic (2015) menggabungkan kamera dan pemindai laser untuk sistem deteksi halangan pada kendaraan. Pemindai laser digunakan untuk mengetahui jarak antara kendaraan dengan halangan yang ada di depan, sedangkan citra dari kamera digunakan untuk mengetahui bentuk halangan secara lebih detail. Dasun dan Meegama (2014) menggabungkan sensor ultrasonik dan teknik pemrosesan citra untuk mengidentifikasi dan mengukur jarak dengan halangan. Sensor ultrasonik digunakan karena harganya yang murah dan akurasi yang baik dalam mengukur jarak terhadap objek lain walaupun berada pada kondisi pencahayaan yang gelap. Sedangkan teknik pemrosesan citra digunakan karena dapat menentukan bentuk objek dengan presisi.

Pembuatan kursi roda pintar masih terkendala dengan biaya yang tidak sedikit dan komputasi yang kompleks. Dalam penelitian ini, keunggulan dari pendekatan yang diusulkan adalah komputasi dengan kompleksitas rendah dan kecepatan tinggi serta murah dalam pengembangannya. Pengembangan sistem kursi roda pintar ini menggunakan Raspberry Pi dan kombinasi sensor pasif, antara lain kamera dan *line laser*. Kombinasi dua sensor pasif digunakan untuk mendeteksi dan mengestimasi jarak halangan dari kursi roda pada lintasan. Penelitian dengan pendekatan yang serupa sudah dilakukan oleh Utaminingrum, dkk (2016a), Utaminingrum, dkk (2016b) namun menggunakan metode estimasi jarak halangan dengan Regresi Linier sederhana. Kelemahan umum dalam Regresi Linier sederhana adalah persamaan Regresi Linier yang dihasilkan tidak dapat terlalu memberikan hasil *fitting* yang baik apabila data yang digunakan ternyata tidak benar-benar linier. Metode estimasi jarak yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan pengembangan dari Regresi Linier biasa, yaitu dengan model bertingkat menggunakan *k-Means clustering*. Metode Regresi model bertingkat dengan *k-Means clustering* ini dapat memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini terjadi karena tiap *cluster* akan dihubungkan dengan persamaan linier yang berbeda (tergantung dari anggota *cluster*), sehingga dalam menggeneralisasi titik-titik data dapat mengatasi *underfitting* yang terjadi pada Regresi Linier biasa yang hanya berupa persamaan linier sederhana.

2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari dua proses utama, yaitu mendeteksi halangan kemudian apabila ditemukan halangan akan dilakukan estimasi jarak halangan dari kursi roda. Deteksi halangan dilakukan dengan bantuan *line laser* yang tertangkap di citra kamera. Estimasi jarak dilakukan dengan menggunakan regresi berdasarkan data latih yang menggunakan jarak *Binary Large Object* (Blob) *line laser* dan *line laser* pada lantai.

2.1. Deteksi halangan

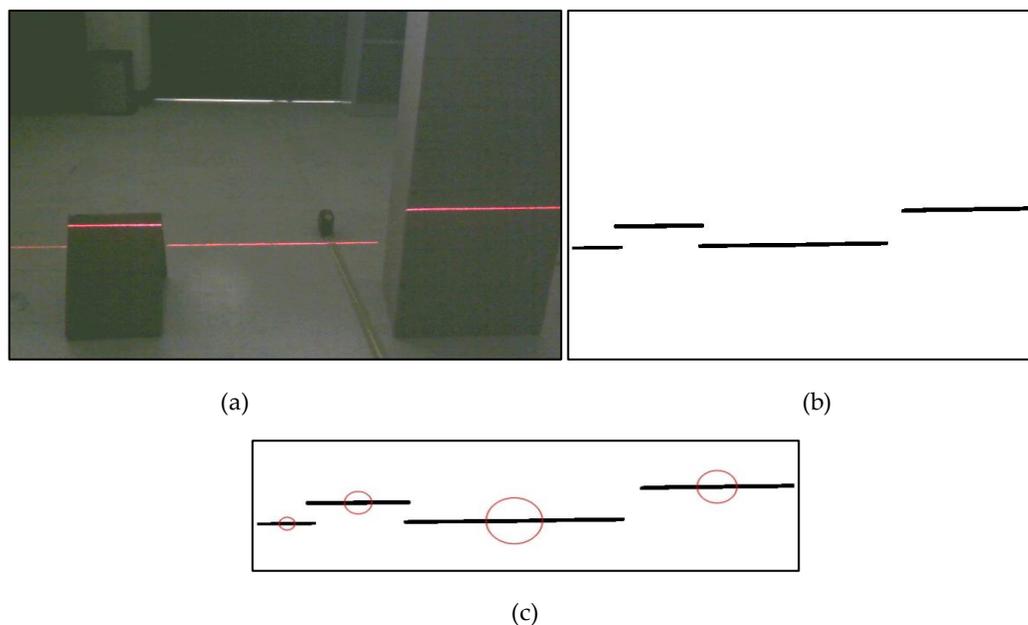
Menentukan jarak halangan menggunakan kamera adalah operasi yang tidak mudah untuk mendapatkan performa yang baik. Banyak sistem menggunakan teknik *stereo vision* untuk mendapatkan informasi jarak objek yang tertangkap kamera. Namun pendekatan tersebut memiliki kompleksitas yang tinggi dan tidak cocok untuk diimplementasikan dengan sumber daya yang digunakan di penelitian ini. Maka dari itu, pada penelitian ini, digunakan pendekatan lain yang sederhana namun memberikan hasil yang baik.

Line laser dipasang pada kursi roda dengan posisi horiontal dan sudut kemiringan tertentu serta dihadapkan ke depan kursi roda sehingga sinar *line laser* tersebut jatuh memanjang secara horiontal di depan kursi roda. Kamera yang terpasang di kursi roda menangkap sinar *line laser* tersebut secara *real-*

time saat kursi roda berjalan. Saat ada halangan di depan kursi roda dan mengenai sinar *line laser*, bentuk sinar *line laser* akan berubah sesuai dengan ukuran, bentuk, dan jarak halangan tersebut. Analisis terhadap perubahan bentuk sinar *line laser* kemudian dilakukan untuk mengetahui jarak antara kursi roda dengan halangan. Berdasarkan informasi tersebut, kursi roda dapat melakukan navigasi untuk menghindari halangan tersebut atau berhenti jika halangan tersebut tidak dapat dihindari.



Gambar 1. *Line laser* dengan berbagai kondisi: (a) Sinar *line laser* saat tidak ada halangan di depan kursi roda; dan (b) Hasil segmentasi sinar *line laser*.



Gambar 2. Berbagai ilustrasi *line laser*: (a) Sinar *line laser* yang terkena halangan sehingga posisinya menjadi lebih tinggi. (b) Hasil segmentasi sinar *line laser*. (c) Hasil deteksi Blob sinar *line laser*.

Gambar 1(a) menunjukkan sinar *line laser* yang tidak terputus yang ditangkap oleh kamera saat tidak ada halangan di depan kursi roda. Citra sinar *line laser* tersebut kemudian disegmentasi menjadi citra biner seperti pada Gambar 1(b). Saat ada halangan di depan kursi roda dan mengenai sinar *line laser*, maka sinar *line laser* akan terputus dan posisi bagian sinar *line laser* yang terkena halangan akan menjadi lebih tinggi seperti pada Gambar 2(a) dan Gambar 2(b). Dengan citra biner pada Gambar 2(b), dilakukan deteksi Blob untuk memisahkan setiap bagian sinar *line laser* yang terpisah karena jatuh pada objek yang berbeda. Dengan deteksi Blob tersebut, dapat diketahui banyaknya Blob yang terbentuk beserta posisi, bentuk, dan ukuran dari setiap Blob tersebut. Blob yang telah terpisah tersebut ditunjukkan pada Gambar 2(c).

Perbedaan jarak antara bagian sinar *line laser* yang jatuh di lantai dan bagian sinar *line laser* yang jatuh pada halangan digunakan untuk menentukan jarak antara kursi roda dan halangan tersebut. Kami melakukan observasi untuk melihat pengaruh perubahan jarak antara kursi roda dan halangan

terhadap jarak piksel pada citra yang ditangkap oleh kamera antara sinar *line laser* yang jatuh di lantai dan sinar *line laser* yang jatuh pada halangan. Kemudian dengan Regresi Linier berbasis *clustering*, dicari koefisien korelasi antara dua variabel tersebut.

2.2. Estimasi jarak dengan Regresi Linier berbasis *clustering*

Estimasi jarak halangan dilakukan dengan mencatat dua nilai yaitu jarak antara kursi roda dengan halangan dan jarak antar Blob pada gambar yang ditangkap oleh kamera. Dua nilai tersebut dicatat untuk beberapa jarak halangan yang berbeda. Dari dua nilai ini kemudian dicari hubungan antara kedua nilai tersebut menggunakan regresi model bertingkat dengan *k-Means clustering*. Persamaan regresi yang didapatkan kemudian digunakan dalam pengujian.

Algoritma *k-Means clustering* digunakan untuk mengelompokkan atau mempartisi sejumlah data n menjadi sebanyak k cluster yang mana tiap data tersebut masuk ke suatu cluster dengan rerata terdekat. Sebagai contoh diberikan suatu himpunan data $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, *k-Means clustering* membagi data menjadi k ($k \leq n$) cluster dengan himpunan cluster $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$. Tiap data x akan masuk ke suatu cluster S_i yang memiliki jarak (*Euclidean distance*) yang minimal dari S . Dengan kata lain algoritma ini bertujuan untuk meminimalkan *objective function*, dalam hal ini adalah fungsi *squared error* di mana μ_i adalah *centroid* yang merupakan rerata dari data dalam S_i , seperti pada Persamaan 1,

$$\arg \min \sum_{i=1}^k \sum_{x \in S} \|x - \mu_i\|^2 \quad (1)$$

Regresi Linier yang diusulkan dalam penelitian ini memanfaatkan *centroid* dari tiap-tiap cluster. Secara umum Regresi Linier digambarkan dengan Persamaan 2,

$$y = ax + b \quad (2)$$

Nilai a pada Persamaan 2 dihitung dengan Persamaan 3,

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} \quad (3)$$

dan b didapatkan dengan Persamaan 4,

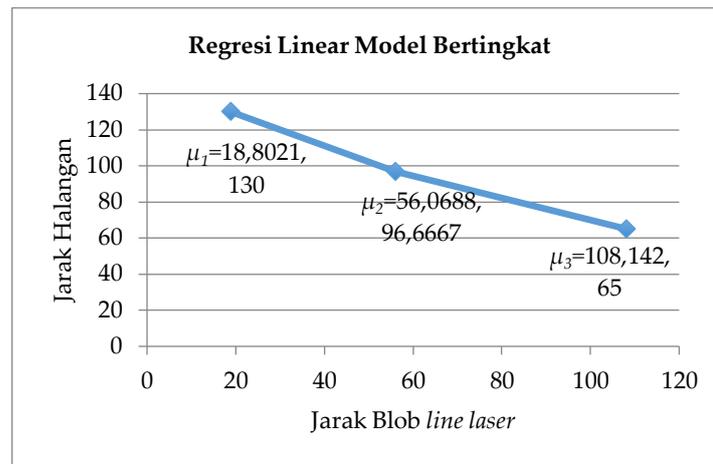
$$b = \frac{\sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4)$$

Untuk menghitung persamaan linier menggunakan *k-Means clustering*, parameter x dan y diisi dengan data dari *centroid* μ_i dan μ_{i+1} dari data latih sehingga didapatkan nilai a dan b . Untuk pengujian data uji misalkan diberikan suatu data x yang berada di antara cluster S_1 dan S_2 , yang mana dianggap $x \in S_1$ atau $x \in S_2$ maka persamaan Regresi Linier yang digunakan adalah persamaan Regresi Linier terdekat yang didapat dari *centroid* μ_1 dan μ_2 . Apabila data x berada di antara cluster S_2 dan S_3 , yang mana dianggap $x \in S_2$ atau $x \in S_3$ maka persamaan Regresi Linier yang digunakan adalah persamaan Regresi Linier terdekat yang didapat dari *centroid* μ_2 dan μ_3 , dst.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini percobaan dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) dengan keadaan cahaya yang tidak terlalu terang. Apabila cahaya terlalu terang maka, *line laser* tidak akan bisa dilihat dan ditangkap oleh kamera. *Line laser* dipasang pada kursi roda dengan posisi horisontal di ketinggian 1.4 meter. Sudut kemiringan peletakan *line laser* sebesar 60° serta dihadapkan ke depan kursi roda sehingga sinar *line laser* tersebut jatuh memanjang secara horisontal di depan kursi roda dengan jarak titik terjauh sebesar 2.44 meter. Data yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 35 sampel. Data latih yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data yang diambil secara manual dan acak. Pengambilan data dilakukan dengan meletakkan halangan di depan kursi roda pintar yang telah dipasangi kamera dan *line laser* kemudian dicatat jarak sebenarnya dan diambil citra di depan kursi roda melalui kamera yang

terpasang. Dari 35 kali hasil pengambilan data, 30 sampel dijadikan data latih dan 5 sampel dijadikan data uji.



Gambar 3. Contoh grafik Regresi Linier dengan k-Means di mana $k = 3$

Gambar 3 menunjukkan contoh grafik Regresi Linier model bertingkat menggunakan *k-Means clustering* di mana $k = 3$. Persamaan Regresi Linier ini dapat berubah tergantung dari *centroid* μ yang terpilih dari proses *k-Means clustering*. Dari hasil perhitungan didapatkan persamaan Regresi Linier antara μ_1 dan μ_2 adalah seperti pada Persamaan 5,

$$y = -0.8945x + 146.82 \quad (5)$$

sedangkan persamaan linier antara μ_2 dan μ_3 adalah seperti pada Persamaan 6,

$$y = -0.6081x + 130.76 \quad (6)$$

Hasil pengujian estimasi jarak y_{RB} terhadap data latih menggunakan regresi model bertingkat dengan *cluster* $k=3$ dibandingkan dengan jarak sebenarnya y_{ACTUAL} ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan jarak sebenarnya dengan regresi model bertingkat

x	y_{ACTUAL}	$y_{RL} (cm)$	$y_{RB}, k=3 (cm)$
59.408203	90	98.4441665	94.63707176
52.935333	100	103.2366794	98.573224
33.00589	120	117.992439	117.2938314
24.681091	130	124.1561202	124.7403641
9.90683	140	135.0949831	137.9559406

Tabel 2. Error perbedaan jarak antara jarak sebenarnya dengan regresi model bertingkat

x	y_{ACTUAL}	$E_{RL} (cm)$	$E_{RB}, k=3 (cm)$
59.408203	90	8.444166499	4.637071756
52.935333	100	3.236679447	1.426775997
33.00589	120	2.007560956	2.706168605
24.681091	130	5.843879776	5.2596359
9.90683	140	4.905016932	2.044059435
RMSE		5.366944468	3.541282861

Setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil perbedaan jarak antara jarak sebenarnya y_{ACTUAL} dengan estimasi jarak menggunakan metode Regresi Linier model bertingkat y_{RB} . Estimasi jarak menggunakan Regresi Linier model bertingkat memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan menggunakan Regresi Linier biasa. *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk Regresi Linier model bertingkat E_{RB} sebesar 3.541 cm sedangkan untuk regresi biasa RMSE E_{RL} sebesar 5.36 cm, seperti pada Tabel 2. Hal ini menunjukkan bahwa estimasi jarak halangan dapat dilakukan menggunakan metode Regresi Linier model bertingkat yang diusulkan dan memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan Regresi Linier biasa.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, deteksi halangan dan estimasi jarak halangan untuk kursi roda pintar dapat dilakukan menggunakan *line laser* dan kamera. Halangan dapat dideteksi melalui

citra yang tertangkap kamera dipasang di kursi roda menggunakan *Blob detection*. Berdasarkan hasil *line laser* yang tertangkap pada citra, apabila tidak ada halangan, *line laser* akan terlihat langsung jatuh ke lantai. Hal ini akan berbeda apabila halangan ada di depan kursi roda, maka *line laser* akan terlihat terpisah, yang mengenai halangan dan yang jatuh ke lantai. Halangan yang dideteksi kemudian dapat diperkirakan jaraknya dari kursi roda menggunakan Regresi Linier bertingkat berdasarkan data latih yang sudah dianalisis. Hasil estimasi jarak halangan pada penelitian yang telah dilakukan memiliki RMSE sebesar 3.541. Metode Regresi Linier model bertingkat ini juga memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan Regresi Linier biasa.

Hasil penelitian tentang deteksi halangan dan estimasi jarak halangan akan dicari hasil yang terbaik. Hasil yang terbaik ke depannya akan dimanfaatkan untuk pengembangan *smart wheelchair*. Penelitian di masa depan akan berfokus pada pengembangan *smart wheelchair* yang lebih baik untuk mendukung pengguna disabilitas dengan *usability* yang tinggi misalnya menggunakan multi sensor, *object tracking*, dsb.

7. Referensi

- Campos, Y., Sossa, H., & Pajares, G. (2016). Spatio-temporal analysis for obstacle detection in agricultural videos. *Applied Soft Computing*, 45(August), 86–97.
- Dasun, K. S., & Meegama, R. G. (2014). Android-based Mobile Framework for Navigating Ultrasound and Vision Guided Autonomous Robotic Vehicle. *International Journal of Conceptions on Computing and Information Technology*, 2(4), 16-21.
- Freitas, G., Hamner, B., Bergerman, M., & Singh, S. (2012). A practical obstacle detection system for autonomous orchard vehicles. In *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on* (pp. 3391 - 3398). Vilamoura: IEEE.
- Jia, S., Zhao, L., Li, X., Cui, W., & Sheng, J. (2011). Autonomous robot human detecting and tracking based on stereo vision. *Mechatronics and Automation (ICMA), 2011 International Conference on* (pp. 640-645). Beijing: IEEE.
- Labayrade, R., Royere, C., Gruyer, D., & Aubert, D. (2005). Cooperative Fusion for Multi-Obstacles Detection With Use of Stereovision and Laser Scanner. *Autonomous Robots*, 19(2), 117–140.
- Mahajan, S., Bhosale, R., & Kulkarni, P. (2013). Obstacle detection using mono vision camera and laser scanner. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 2(12), 684-690.
- Utaminigrum, F., Fitriyah, H., Wihandika, R. C., Fauzi, M. A., Syauqy, D., & Maulana, R. (2016a). Fast Obstacle Distance Estimation using *Line laser* Imaging Technique for Smart Wheelchair. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 6(4).
- Utaminigrum, F., Kurniawan, T. A., Fauzi, M. A., Maulana, R., Syauqy, D., Wihandika, R. C., . . . Adikara, P. P. (2016b). A Laser-Vision based Obstacle Detection and Distance Estimation for Smart Wheelchair Navigation. *2016 IEEE International Conference on S* (pp. 123-127). Beijing: IEEE.
- Yoo, H., Son, J., Ham, B., & Sohn, K. (2016). *Real-time* rear obstacle detection using reliable disparity for driver assistance. *Expert Systems with Applications*, 56(56), 186–196.
- Young, J., & Simic, M. (2015). LIDAR and Monocular Based Overhanging Obstacle Detection. *Procedia Computer Science*, 60(2015), 1423-1432.