

***Lane Tracking* pada Robot Beroda *Holonomic* menggunakan Pengolahan Citra**

ALI RIZAL CHAIDIR, KHAIRUL ANAM, GAMMA ADITYA RAHARDI

Fakultas Teknik Universitas Jember, Indonesia
Email: ali.rizal@unej.ac.id

Received 6 Agustus 2019 | *Revised* 3 September 2019 | *Accepted* 11 Oktober 2019

ABSTRAK

Robot merupakan teknologi yang dapat diterapkan bidang pertanian dan industri. Salah satu teknik navigasi robot yang dapat diterapkan di bidang pertanian dan industri adalah lane tracking. Untuk bernavigasi robot membutuhkan sebuah alat untuk mengenali lingkungannya, alat tersebut dapat berupa sensor atau kamera. Salah satu kelebihan menggunakan kamera jika dibandingkan dengan sensor adalah dapat mengurangi penggunaan perangkat keras untuk mengenali lingkungan robot. Fokus utama penelitian ini adalah membuat robot beroda holonomic untuk bernavigasi di antara dua garis yang berada di sebelah kiri dan kanan robot menggunakan kamera. Kamera digunakan untuk menangkap citra di depan robot, citra tersebut diolah disebuah SBC (Single Board Computer) untuk mendapatkan parameter jumlah pixel antara garis tengah robot dengan garis sebelah kanan dan kiri robot. Parameter tersebut kemudian diolah untuk menentukan kecepatan motor pada roda robot holonomic. Hasil yang diperoleh adalah dari setiap pengujian robot mampu bernavigasi pada jalur yang telah ditentukan.

Kata kunci: *Lane Tracking, Pengolahan Citra, Robot Beroda Holonomic*

ABSTRACT

Robotic navigation techniques that can be applied in agriculture and industry is lane tracking. To navigate, robots need device to recognize the environment, the device can use sensors or cameras. The main focus of this research is to make holonomic wheeled robot to navigate between two lines located on the left and right of the robot using the camera. The camera is used to capture the image in front of the robot, the image is processed in an SBC (Single Board Computer) to get the parameters of the number of pixels between the center line with the right and left lines of the robot. These parameters are the processed to determine the motor speed on the holonomic robot wheel. The result of each test is that the robot is able to navigate on a predetermined path.

Keywords: *Lane Tracking, Image Processing, Holonomic Wheeled Robot*

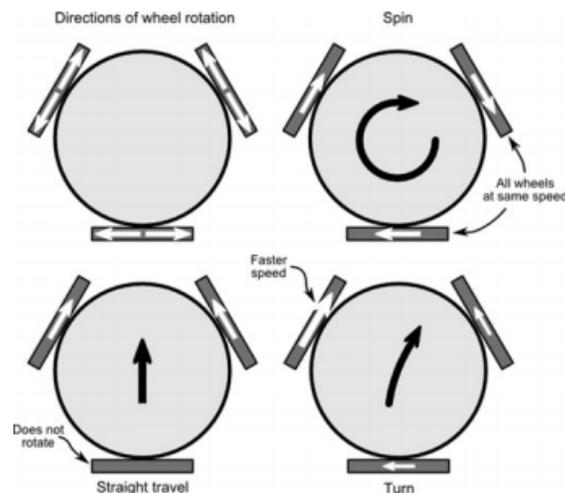
1. PENDAHULUAN

Kemajuan suatu negara dapat dilihat dari perkembangan teknologi yang dihasilkan oleh negara tersebut, teknologi dapat mempercepat dan mempermudah tercapainya suatu tujuan tertentu, salah satu teknologi yang dapat membantu dan menggantikan beberapa tugas manusia yang sederhana adalah robotika (**Siciliano & Khatib, 2008**). Robot dapat bergerak secara mandiri, berdasarkan perintah operator (**Chaidir, Satriya, & Kalandro, 2016**), dan dapat dilakukan dengan menggunakan teknik penginderaan visual. Dengan menggunakan teknik penginderaan visual dalam proses navigasi robot maka robot tidak membutuhkan banyak sensor untuk navigasi, karena dengan menggunakan penginderaan visual (menggunakan kamera *webcam*) dapat mengetahui posisi (**Chaidir, Muldayani, & Kalandro, 2018**), jarak, warna, dan bentuk dari suatu objek yang ada di lingkungan robot.

Robot dapat diterapkan di bidang transportasi, industri (**Siciliano & Khatib, 2008**) dan pertanian (**Hassan, Ullah, & Iqbal, 2016**) (**Umarkar & Karwankar, 2016**). Salah satu jenis robot yang dapat diterapkan di bidang tersebut adalah robot beroda dengan gerakan *holonomic*. Berbeda dengan gerakan berbelok robot jenis *car like mobile robot* (**Fahmizal, Murti, & Pratama, 2018**), gerakan *holonomic* adalah sebuah gerakan yang membuat robot tidak perlu mengubah arah hadapnya. Gerakan robot tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan roda *omni*, yaitu 3 buah roda *omni* dengan posisi setiap roda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (**McComb, 2011**).



Gambar 1. Roda *Omni*



Gambar 2. Posisi Roda Robot Beroda *Holonomic*

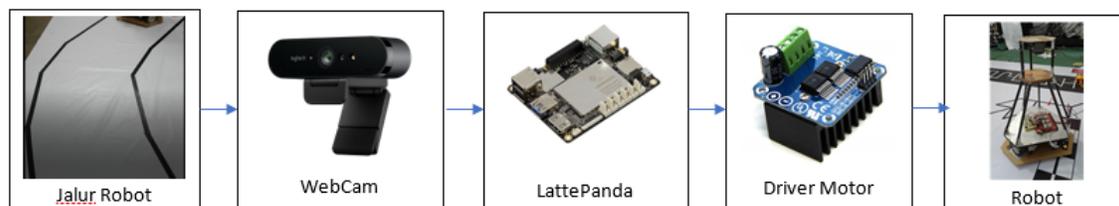
Robot membutuhkan teknik navigasi untuk menyelesaikan tugasnya, salah satu teknik navigasi pada robot beroda adalah *lane tracking*. *Lane tracking* adalah sebuah algoritma untuk membantu sebuah robot atau kendaraan untuk mengikuti sebuah jalur berupa sebuah lorong atau sejenisnya, tidak hanya untuk robot beroda, *lane tracking* juga dapat diaplikasikan untuk *quadcopter* (Ko, Oh, & Ahn, 2016). *Lane tracking* tidak hanya dapat diterapkan di bidang pertanian, *lane tracking* pada umumnya diterapkan pada sistem transportasi cerdas, atau kendaraan transportasi yang bergerak secara mandiri (Bounini, Gingras, Lapointe, & Pollart, 2015) (Yoo, Yang, & Sohn, 2013).

Fokus penelitian ini adalah membuat robot beroda *holonomic* agar dapat bernavigasi di antara dua garis yang berada di sebelah kiri dan kanan robot menggunakan kamera. Kamera digunakan untuk menangkap citra di depan robot, citra tersebut diolah di sebuah SBC (*Single Board Computer*) untuk mendapatkan parameter jumlah *pixel* antara garis tengah robot dengan garis sebelah kanan dan kiri robot. Parameter tersebut kemudian diolah untuk menentukan kecepatan motor pada setiap roda robot *holonomic* agar robot dapat bergerak maju, dan berbelok.

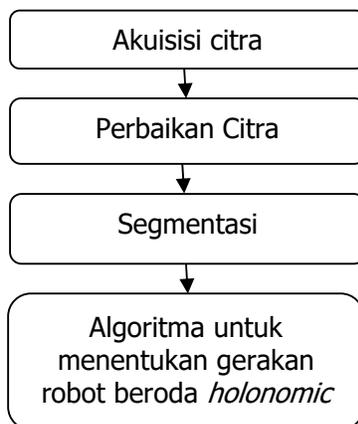
2. METODOLOGI

2.1 Desain Sistem Keseluruhan

Desain sistem terdiri dari dua bagian, yaitu desain alur proses dari perangkat keras robot (Gambar 3) dan desain alur proses dari algoritma pengolahan citra (Gambar 4). Ada tiga komponen utama di dalam sistem perangkat keras, yaitu *webcam* untuk mengambil citra, *LattePanda* sebagai *Single Board Computer* untuk pengolahan citra, dan *driver motor* untuk mengendalikan motor DC pada robot.



Gambar 3. Alur Proses dari Perangkat Keras Robot



Gambar 4. Alur Proses dari Algoritma Pengolahan Citra

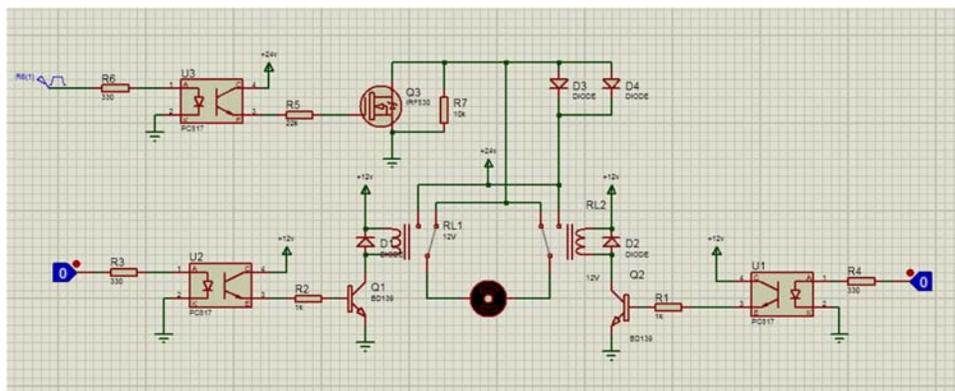
2.2 Robot Beroda *Holonomic*

Robot yang digunakan adalah robot berjenis robot beroda dengan gerakan *holonomic*, robot jenis tersebut menggunakan roda *omni*, robot mampu bergerak ke arah sumbu x dan y secara bebas, dan memiliki tiga roda penggerak (McComb, 2011), ukuran dan bentuk robot ditunjukkan pada Gambar 5, robot tersebut memiliki ukuran tinggi 76 cm, lebar 52 cm, dan panjang 60 cm. Bagian atas robot terdapat kamera yang digunakan untuk melihat garis di depan robot. Informasi dari kamera diproses oleh sebuah algoritma pemrograman untuk mendapatkan nilai yang digunakan sebagai acuan untuk menggerakkan robot. Algoritma tersebut ditanam di dalam sebuah *Single Board Computer* yaitu LattePanda, LattePanda adalah sebuah komputer kecil yang telah terintegrasi dengan Arduino.



Gambar 5. Robot Beroda *Holonomic*

Robot bergerak akibat dari putaran motor DC, untuk mengatur kecepatan dan arah putar robot, diperlukan rangkaian *driver* motor (Gambar 6). Rangkaian pada Gambar 6 adalah rangkaian *driver* motor untuk satu motor, menggunakan komponen utama relai, kondisi saklar relai berubah akibat dari kondisi transistor yaitu *saturasi* atau dalam kondisi *cut off*, perubahan kondisi saklar relai mengakibatkan arah putaran robot berubah. Sedangkan komponen FET pada rangkaian *driver* motor digunakan untuk mengatur kecepatan motor, kaki *gate* pada FET yang terhubung dengan *optocoupler* (U3) dihubungkan ke pin analog LattePanda. Sedangkan pin 1 pada *optocoupler* (U1 dan U2) digunakan pada pin *output* digital LattePanda.



Gambar 6. Rangkaian *Driver* Motor

2.3 Perbaikan Citra

Citra yang tertangkap tidak langsung diolah, diperlukan proses perbaikan citra terlebih dahulu. Setiap citra dimungkinkan terdapat derau yang berbentuk bintik-bintik, untuk mengurangi derau tersebut, tahap yang dilakukan adalah melakukan filter median menggunakan Persamaan (1), filter median berguna untuk menghilangkan bintik-bintik pada sebuah citra (**Ramaraj & Rajan, 2010**).

$$Y[x, y] = \text{median}(I_{\text{orig}}[i, j], i, j \in \text{nbor}[x, y]) \quad (1)$$

Dengan:

$\text{nbor}[x, y]$ = *sub image* dari citra RGB,

$I_{\text{orig}}[i, j]$ = sebuah citra RGB

2.4 Segmentasi

Segmentasi adalah proses untuk memisahkan latar belakang dan latar depan citra. Untuk memisahkan latar belakang dan latar depan citra adalah dengan melakukan proses *thresholding* menggunakan Persamaan (2), nilai ambang diatur untuk memisahkan citra latar belakang dan latar depan, citra latar depan direpresentasikan dengan nilai *pixel* di setiap parameter RGB dengan nilai 255 (berwarna putih), sedangkan warna *pixel* citra latar belakang adalah berwarna hitam.

$$G(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } Tr_{\text{max}} \geq Y(x, y) \geq Tr_{\text{min}} \cap \\ & Tg_{\text{max}} \geq Y(x, y) \geq Tg_{\text{min}} \cap \\ & Tb_{\text{max}} \geq Y(x, y) \geq Tb_{\text{min}} \\ 0 & \text{if else} \end{cases} \quad (2)$$

dimana $G(x, y)$ adalah *image* biner, $Y(x, y)$ adalah *image* RGB, Tr_{max} dan Tr_{min} menyatakan nilai *threshold* maksimal dan minimal komponen r, Tg_{max} dan Tg_{min} menyatakan nilai *threshold* maksimal dan minimal komponen g, Tb_{max} dan Tb_{min} menyatakan nilai *threshold* maksimal dan minimal komponen b.

2.4 Algoritma untuk Menentukan Gerakan Robot

Setelah melakukan pemisahan latar belakang dan latar depan dari citra, tahap selanjutnya adalah melakukan pembuatan algoritma untuk mendapatkan jumlah *pixel* antara kolom tengah citra dengan garis pada citra, ilustrasi citra biner dan parameter yang digunakan untuk menentukan pergerakan robot ditunjukkan pada Gambar 7.

Nilai P_{ka} dan P_{ki} adalah nilai jumlah *pixel* antara garis kolom tengah citra dengan garis petunjuk navigasi robot. Nilai P_{ka} adalah jumlah *pixel* sebelah kanan dan P_{ki} adalah jumlah *pixel* sebelah kiri. Jumlah *pixel* tersebut diperoleh di baris *pixel* ke 50. Berikut adalah *listing* program yang digunakan untuk mendapatkan parameter P_{ka} dan P_{ki} :

Untuk mendapatkan parameter P_{ka} :

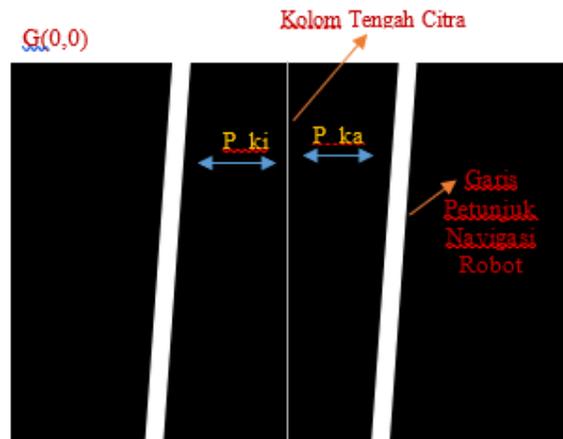
```
For t = 0 To 160 - 1
  If gam_bin.Data(50, 160 - t, 0) = 255 Then
    TextBox2.Text = t
    P_ka = t
  Exit For
End If
Next
```

Untuk mendapatkan parameter P_ki:

```

For t = 0 To 160 - 1
  If gam_bin.Data(50, 160 + t, 0) = 255 Then
    TextBox1.Text = t
    P_ki = t
    Exit For
  End If
Next

```



Gambar 7. Ilustrasi Sebuah Citra Biner Berukuran 320x240 dengan Parameter yang digunakan untuk Menentukan Pergerakan Robot

Setelah mendapatkan nilai P_ka dan P_ki, selanjutnya adalah mengirimkan nilai tersebut ke Arduino pada LattePanda untuk menggerakkan motor dc secara serial. Berikut adalah *listing* program untuk mengirimkan nilai dari parameter tersebut:

```

str1 = Convert.ToString(P_ki)
str2 = Convert.ToString(0)
str3 = Convert.ToString(P_ka)
TextBox7.Text = str3 + "#" + str2 + "#" + str1 + "#"

```

Sedangkan *listing* program untuk arduino yang telah menjadi satu *board* di *Single Board Computer* LattePanda adalah sebagai berikut:

```

void baca_serial()
{
  if (Serial.available())
  {
    byteRead=Serial.read();
    if(byteRead=='#')
    {
      pwm[r]=atof(buff);
      pwm[r]=pwm[r]/1;
      i=0;
      for (int del=0;del<20;del++)
      {
        buff[del]=0;
      }
      r++;
      if (r==3)
    }
  }
  else
  {
    buff[i]=byteRead;
    i++;
  }
}

```

Setelah nilai diterima, selanjutnya adalah mengirimkan nilai tersebut ke *driver* motor dengan perintah:

```
analogWrite(5, pwm[0]);  
analogWrite(3, pwm[1]);  
analogWrite(6, pwm[2]);
```

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ada beberapa tahapan pengujian dalam penelitian ini, yaitu pengujian pergerakan *mobile robot holonomic*, pengujian algoritma perangkat lunak, pengujian gerakan *mobile robot holonomic* pada sebuah jalur.

3.1 Pengujian Pergerakan Robot Beroda *Holonomic*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pergerakan robot terhadap nilai masukan yang berupa nilai analog dan digital dari mikrokontroler. Pergerakan robot yang dimaksud adalah maju, mundur, geser kanan dan kiri, putar kanan dan kiri, dan diam. Tabel 1 menunjukkan hasil dari pengujian. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa robot dapat melakukan gerakan-gerakan dasar berdasarkan keadaan nilai digital pada *Port A* dan analog pada pin 5, 3, dan 6. Pada saat robot berputar ke kanan dan ke kiri, nilai analog pada pin 5, 3, dan 6 sama, akan tetapi nilai pada *port A* berbeda, hal ini dikarenakan *port A* digunakan untuk mengubah arah putaran motor.

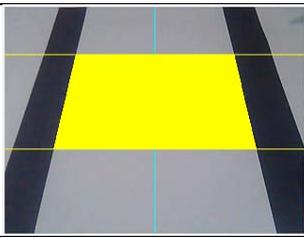
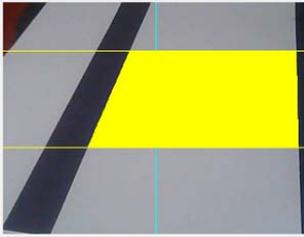
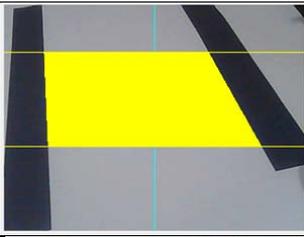
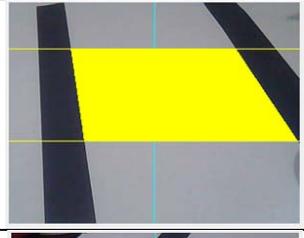
Tabel 1. Pengujian Gerakan Robot

Port A (Hex)	Pin Analog			Pergerakan Robot
	5	3	6	
0x0C	200	0	200	Maju
0x03	200	0	200	Mundur
0x86	50	250	50	Geser Kanan
0x29	80	250	80	Geser Kiri
0x26	80	200	80	Berputar kanan
0x89	80	200	80	Berputar kiri
0x00	0	0	0	Diam

3.2 Pengujian Algoritma Perangkat Lunak

Pengujian dilakukan menggunakan sebuah *web cam*, *web cam* digunakan untuk mengambil informasi citra jalur navigasi robot, citra yang digunakan untuk navigasi robot. Pengujian ini menggunakan sebuah kertas putih yang memiliki dua garis warna hitam. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian Algoritma Pendeteksi Garis untuk Navigasi Robot

Citra	P_ka	P_ki
	85	85
	148	29
	58	119
	90	93
	159	3
	2	159

Tabel 2 menunjukkan bahwa algoritma yang telah dibuat mampu mengenali baris navigasi robot, hal ini ditandai dengan area warna kuning, area warna kuning adalah area yang akan digunakan robot untuk menentukan pergerakan robot. Pergerakan robot ditentukan berdasarkan nilai P_ka dan P_ki, pada tabel terlihat bahwa ketika citra terlihat memiliki

luas area kuning pada sisi kanan dan kiri dari kolom tengah (garis warna biru muda) sama maka P_{ka} dan P_{ki} memiliki nilai 85, dan jika salah satu area warna kuning terlihat lebih sedikit dibandingkan lainnya, misalnya pada citra kedua pada tabel maka nilai $P_{ka} = 148$ dan $P_{ki} = 29$, dan begitu juga pada citra lainnya. Tentu hal ini menunjukkan bahwa algoritma yang telah dibuat memungkinkan untuk digunakan sebagai pengenalan baris navigasi robot dan nilai P_{ka} dan P_{ki} dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan kecepatan penggerak robot. Nilai P_{ka} digunakan untuk menentukan kecepatan roda kiri robot, sedangkan nilai P_{ki} digunakan untuk menentukan kecepatan roda kanan robot.

3.3 Pengujian Gerakan Robot Beroda *Holonomic* pada Sebuah Jalur

Pengujian dilakukan untuk mengetahui respon robot terhadap jalur yang telah disiapkan berdasarkan algoritma yang telah dibuat dan diuji sebelumnya, Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian.

Tabel 3 Pengujian Algoritma pada Robot

Pengujian ke-	Jejak robot pada lintasan	Pengujian ke-	Jejak robot pada lintasan
1		4	
2		5	
3			

Pada Tabel 3 jarak antar garis pada jalur lintasan yang digunakan adalah 73 cm. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, pergerakan robot pada setiap pengujian direkam lalu diamati dan selanjutnya ditampilkan dalam sebuah tabel. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian algoritma pada robot, garis kuning pada gambar di tabel tersebut menunjukkan jejak pergerakan robot ketika bernavigasi. Dari tabel tersebut terlihat bahwa dari setiap pengujian jalur robot (warna kuning) tetap berada di dalam jalur antara dua garis warna hitam.

4. KESIMPULAN

Lane Tracking pada robot beroda *holonomic* menggunakan pengolahan citra telah dibuat. *Driver* motor yang diterapkan pada robot mampu menggerakkan tiga roda *omni* yang terpasang pada masing-masing motor DC. Rangkaian *driver* motor tersebut mampu menggerakkan motor DC searah dan berlawanan dengan arah jarum jam serta mampu mengatur kecepatan roda robot. Sehingga robot mampu bergerak tidak hanya maju, mundur, belok kanan dan kiri, akan tetapi mampu juga bergeser ke kanan dan ke kiri. Selain itu, algoritma pemrograman pengolahan citra yang telah dibuat mampu mengenali baris hitam dan jumlah *pixel* antara kolom tengah citra dengan garis warna hitam di sebelah kanan dan kiri dari kolom tengah citra. Sehingga hasil pengujian algoritma *lane tracking* pada robot menunjukkan bahwa robot mampu bernavigasi pada jalur yang ditentukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bounini, F., Gingras, D., Lapointe, V., & Pollart, H. (2015). Autonomous Vehicle and Real Time Road Lanes Detection and Tracking. *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*. Montreal: IEEE.
- Chaidir, A. R., Muldayani, W., & Kalandro, G. D. (2018). Pengenalan Gestur Jari Menggunakan Pengolahan Citra untuk Mengendalikan Joint pada Base Robot Lengan. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14 (3), 174-180.
- Chaidir, A. R., Satriya, A. B., & Kalandro, G. D. (2016). Design of a Gripping Imitator Robotic Arm for Taking an Object. *4th International Conference on Information and Communication Technology*. Bandung: IEEE.
- Fahmizal, Murti, B. B., & Pratama, D. B. (2018). Kendali Logika Fuzzy pada Car Like Robot (CLMR) Penjejak Garis. *ELKOMIKA*, 6 (3), 451-464.
- Hassan, M. U., Ullah, M., & Iqbal, J. (2016). Towards Autonomy in Agriculture: Design and Prototyping of a Robotic Vehicle with Seed Selector . *International Conference on Robotics and Artificial Intelligence*. Rawalpindi: IEEE, (pp. 37-44)
- Ko, G., Oh, K.-H., & Ahn, H.-S. (2016). Image-Based LANE Tracking in Quadcopter. *IEEE 25th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*. Santa Clara: IEEE, (pp. 387-392)
- McComb, G. (2011). *Robot Builder's Bonanza*. New York: McGraw-Hill.

- Ramaraj, E., & Rajan, A. S. (2010). Median Filter Using Open Multiprocessing in Agriculture. *IEEE 10th International Conference on Signal Processing Proceedings*. Beijing: IEEE.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (2008). *Springer Handbook of Robotics*. Springer.
- Umkar, S., & Karwankar, A. (2016). Automated Seed Sowing Agribot Using Arduino. *International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*. Melmaruvathur: IEEE, (pp. 1379–1383)
- Yoo, H., Yang, U., & Sohn, K. (2013). Gradient-Enhancing Conversion for Illumination-Robust Lane Detection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. IEEE, (pp. 1083-1094)