

Penerapan Laptop-based Robot Sebagai Pramusaji Restoran

I Nyoman Kusuma Wardana

Program Studi Sistem Komputer, STMIK STIKOM Bali
Jl. Raya Puputan Renon No.86 Denpasar, telp. +62(361)244445
e-mail: kusumawardana@stikom-bali.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah purwarupa robot pramusaji restoran dengan metode pengolahan citra. Robot berbasis visual akan menggantikan penggunaan sensor infra merah melalui penggunaan sebuah kamera untuk mengikuti alur garis tertentu. Karena pengolahan citra yang bersifat kompleks, pemrosesan citra akan menggunakan laptop (laptop-based robot). Perangkat lunak MATLAB yang terinstal pada laptop akan digunakan untuk memproses citra. Berdasarkan hasil pemrosesan MATLAB, sebuah mikrokontroler digunakan sebagai pengontrol navigasi robot. Robot ini didesain agar dapat mengenali meja pelanggan sesuai dengan input dari operator. Metode penelitian yang digunakan pada robot visi ini adalah penentuan nilai tengah (centroid) pada lintasan yang tertangkap kamera. Mekanika robot didesain menggunakan pipa PVC yang memiliki keuntungan dalam hal kemudahan dalam merekonstruksi dan memiliki bobot yang ringan. Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh hasil bahwa robot dapat mengikuti garis dan mengenali meja yang dituju. Namun demikian, pergerakan robot masih perlu diperbaiki, terutama dalam kecepatan pergerakan atau navigasi robot.

Kata kunci: laptop-based robot, robot pramusaji restoran, pengolahan citra, line follower

1. Pendahuluan

Teknologi robotika telah mendominasi sektor-sektor industri otomasi. Keberadaan robot menjadi sangat penting, terutama untuk meningkatkan efektivitas dalam proses produksi. Selain meningkatkan efektivitas dunia industri, robot juga dapat digunakan untuk melakukan interaksi yang atraktif dengan manusia, terutama untuk keperluan promosi atau tujuan khusus lainnya [1],[2]. Khusus untuk penerapan di restoran, robot yang didesain khusus dapat membantu sebagian kegiatan di restoran dan dapat menarik perhatian pelanggan untuk mengunjungi restoran [3].

Pada robot bergerak, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengontrol mobilitas robot, diantaranya menggunakan sistem penuntun laser [4], menggunakan metode pengolahan citra [5], menggunakan deteksi sumber suara, atau bekerja secara otonomus [3],[6]. Untuk bidang pariwisata, terutama untuk sektor jasa seperti restoran, beberapa robot telah diciptakan untuk menggantikan sebagian dari tugas-tugas staf restoran. Jyh-Hwa dan tim (2009) telah mengembangkan suatu robot pelayan restoran [4]. Penelitian ini menekankan pada penggunaan laser sebagai sistem navigasi dari robot dan manajemen order pelanggan. Laser dapat secara tepat memposisikan robot. Namun demikian, teknologi ini tergolong sulit dijangkau oleh peneliti dengan *budget* rendah. Sebagai alternatif, navigasi robot dapat memanfaatkan sistem pengikut garis (*line follower*). Pakdam dan tim (2010) telah merilis beberapa isu terkait desain dari suatu robot pengikut garis yang memanfaatkan sensor inframerah [7]. Salah satu kelemahan dari robot pengikut garis yang menggunakan sensor inframerah adalah keberadaan *noise* dan reliabilitas dari sensor tersebut. Sensor sepenuhnya tergantung dari kinerja rangkaian elektronika yang menyusun sistem deteksi tersebut. Demikian juga sensitivitas sensor menjadi isu yang penting untuk dipertimbangkan. Untuk beberapa kasus, kerusakan komponen tertentu menjadi sulit untuk dideteksi. Namun demikian, robot tipe ini terbilang cukup sederhana dari segi algoritma pemrogramannya.

Penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah purwarupa robot pramusaji restoran dengan metode pengolahan citra akan diajukan melalui penelitian ini. Pengolahan citra yang dimaksud adalah prosedur untuk mengikuti suatu garis tertentu (*line follower*). Umumnya, robot yang mengikuti garis akan menyertakan beberapa sensor garis, seperti sensor yang berbasis inframerah yang sangat peka terhadap intensitas yang diterimanya. Garis dan latar (lantai) akan memiliki perbedaan warna yang menyolok, misalnya garis hitam di atas latar putih [7]. Hasil pantulan sinar inframerah yang diterima oleh sensor akan berbeda antara hasil pantulan yang melalui garis dan latar. Pada desain penelitian ini, robot berbasis visual akan menggantikan penggunaan sensor inframerah melalui penggunaan sebuah kamera untuk mengikuti alur garis tertentu. Karena pengolahan citra yang bersifat kompleks, pemrosesan citra

akan menggunakan laptop (*laptop-based robot*). Perangkat lunak MATLAB yang terinstal pada laptop akan digunakan untuk memproses citra. MATLAB memiliki kemudahan dan ketangguhan dalam hal pemrosesan citra dan akuisisi data [8]. Robot akan didesain agar dapat mengenali meja pelanggan sesuai dengan input dari operator. Mekanika robot akan didesain menggunakan teknologi sistem tertanam (mikrokontroler).

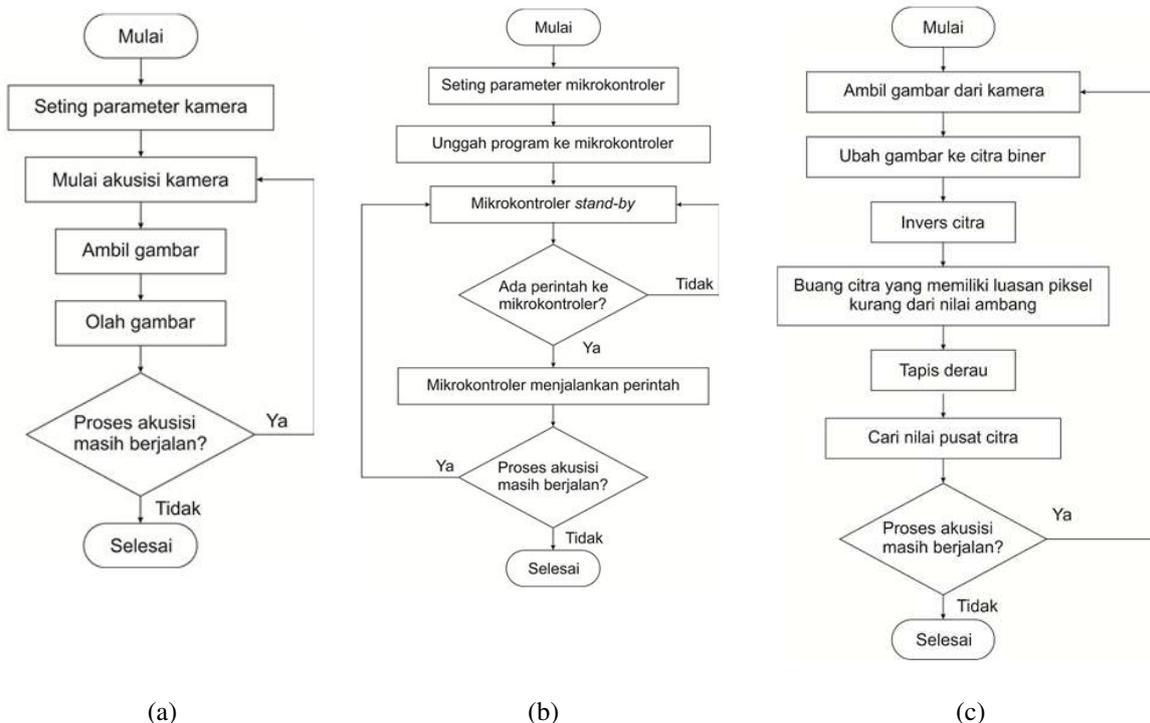
2. Metode Penelitian

2.1. Rancangan Umum Penelitian

Kamera (atau *webcam*) akan dimanfaatkan sebagai sensor visual untuk mendeteksi keberadaan garis. Hasil tangkapan kamera akan diolah oleh laptop menggunakan perangkat lunak MATLAB. Laptop yang telah terinstal program MATLAB akan sepenuhnya mengontrol aktivitas robot, baik untuk mengolah citra maupun mengatur sinyal kontrol untuk mikrokontroler. Berdasarkan hasil pemrosesan MATLAB, sebuah mikrokontroler digunakan sebagai pengontrol navigasi robot. Pada penelitian ini, sebuah papan Arduino digunakan sebagai platform untuk mikrokontroler. Pada papan ini, sebuah mikrokontroler tipe ATmega328 telah terpasang, dan siap untuk diprogram. Arduino selanjutnya bertugas memberikan sinyal kontrol (sesuai dengan hasil pengolahan citra pada MATLAB) kepada *driver* agar roda dapat bergerak sesuai dengan arah dan kecepatan yang sesuai. Selain dapat digunakan untuk melakukan pengolahan citra, MATLAB dapat didesain untuk menampilkan antarmuka (*GUI, Graphical User Interface*) yang menarik. Dengan demikian, aksi yang diharapkan pada robot dapat mudah dipahami oleh pengguna.

2.2. Sistem Pengolahan Citra dan Akuisisi Data

Proses akuisisi data untuk kamera dimulai dengan melakukan pengaturan untuk kamera yang akan digunakan. Pengaturan meliputi pengaturan nama kamera, ID kamera, format keluaran kamera, serta pengaturan *trigger* kamera. Ketika beberapa parameter ini sudah ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah memulai proses akuisisi data. Format keluaran dari proses streaming data ini adalah file video. Untuk dapat diolah, satu buah *frame* gambar dari video tersebut harus diambil setiap siklus tertentu, dan kemudian dilakukan pengolahan. Pengolahan baru akan selesai ketika durasi yang ditentukan oleh pemrogram terpenuhi. Gambar 1(a) menunjukkan alur akuisisi data pada kamera.



Gambar 1. (a) Diagram Alir Akuisisi data kamera, (b) Diagram Alir Akuisisi Data Mikrokontroler dan (c) Diagram Pengolahan Citra Robot

MATLAB dan beberapa perangkat lunak lain telah mendukung penggunaan Arduino. Perintah ke mikrokontroler meliputi kontrol pergerakan motor DC (untuk menggerakkan roda robot) dan pergerakan motor servo (untuk pergerakan nampan makanan). Selama tidak ada perintah, mikrokontroler akan berada pada posisi *stand-by*, sampai proses akuisisi selesai dilakukan. Diagram alir untuk proses akuisisi mikrokontroler diperlihatkan seperti pada Gambar 1(b).

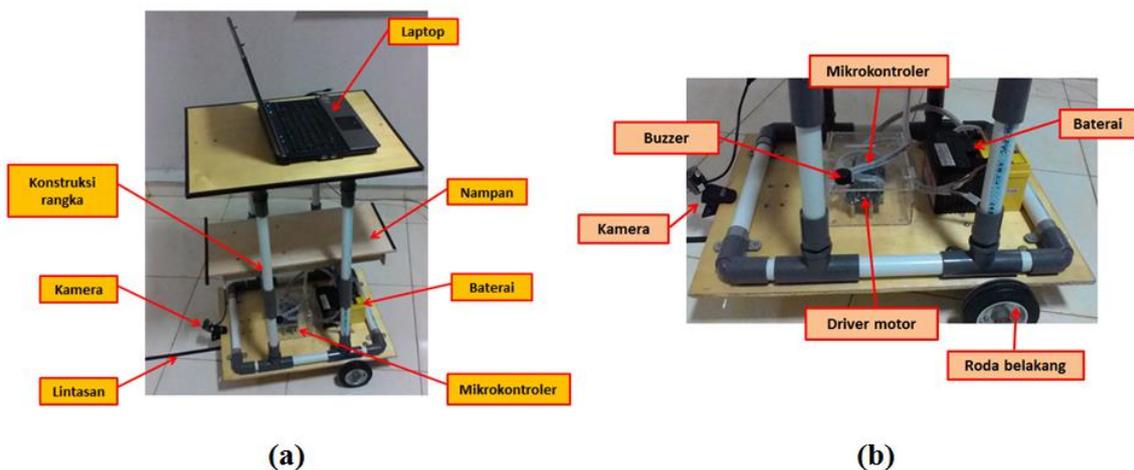
Proses pengolahan citra pada penelitian ini diperlukan oleh robot untuk mengikuti lintasan yang telah ditentukan. Kamera bertindak sebagai sensor visual dan hasil dari frame yang ditangkap oleh kamera akan diolah lebih lanjut. Hasil pengolahan citra akan menentukan aksi yang akan dilakukan oleh mikrokontroler. Citra yang diolah pada penelitian ini adalah citra berjenis biner (hitam dan putih). Gambar yang didapat dari kamera *webcam* memiliki tipe RGB. Gambar RGB inilah yang selanjutnya akan dilakukan proses pengolahan. Gambar yang diolah adalah tampilan posisi lintasan berupa garis hitam pada lantai berwarna cerah (bukan putih). Diagram alir pengolahan citra pada robot diperlihatkan pada Gambar 1(c).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Implementasi Perangkat Keras

Robot yang dihasilkan pada penelitian ini adalah robot yang algoritma operasinya dikendalikan sepenuhnya oleh laptop. Detail bagian-bagian penyusun robot diperlihatkan seperti pada Gambar 2(a) dan 2(b). Pada Gambar 2(a), terlihat bahwa robot ini didesain dengan konstruksi yang cukup sederhana, yaitu menggunakan konstruksi pipa PVC berdiameter 3/4". Rangka robot menggunakan pipa PVC ini didesain dengan dimensi tinggi 75 cm dan lebar alas maupun atap sebesar 40 cm. Ketinggian robot dirasa sesuai dengan ketinggian meja restoran pada umumnya. Pada penelitian ini, penggunaan rangka robot menggunakan pipa memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah kemudahan dalam menyusun rangka tersebut, memiliki daya topang yang cukup kuat, ringan, serta kemudahan dalam merekonstruksi apabila terjadi kesalahan pada desain awal.

Komponen-komponen penting penyusun robot diletakkan pada bagian alas, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2(b). Komponen-komponen tersebut antara lain mikrokontroler, *driver* motor, baterai, kamera, motor, *bearing* serta roda. Karena adanya penempatan komponen-komponen utama ini, maka sebagian besar bobot robot berada pada bagian alas robot. Baterai dan *bearing* merupakan dua komponen yang memiliki bobot paling besar. Untuk memberikan daya pada mekanik robot, dua buah baterai berupa aki kering 12 Volt disusun secara seri untuk menghasilkan tegangan total sebesar 24 Volt. Suplai tegangan 24 Volt ini akan digunakan untuk operasi dua buah motor DC.



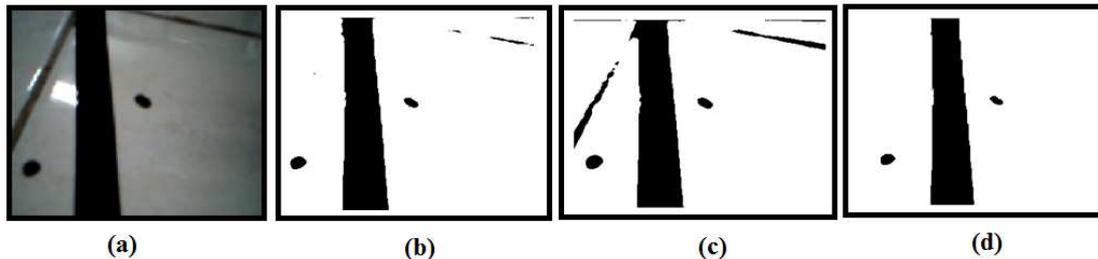
Gambar 2. (a) Bagian-bagian Keseluruhan Badan Robot, (b) Komponen Robot Bagian Bawah

3.3 Implementasi Algoritma Pengolahan Citra

Pada penelitian ini, tujuan utama proses pengolahan citra adalah untuk mendeteksi lintasan, yaitu berupa garis berwarna gelap diatas lantai berwarna cerah. Ketika lintasan sudah terdeteksi, robot akan mengikuti lintasan tersebut dan menentukan meja mana yang akan dituju.

Proses pertama dalam pengolahan citra yaitu pengambilan sebuah *frame* dari *live video* yang dihasilkan oleh kamera. Asumsi bahwa *frame* yang ditangkap adalah sebuah citra, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(a). Gambar 3(a) adalah gambar lintasan di atas lantai yang sengaja penulis

tambahkan dua buah titik hitam yang cukup besar di bagian sisi kanan dan kiri lintasan. Dua buah titik ini penulis asumsikan sebagai derau atau pengotor pada gambar. Hal ini penulis lakukan untuk menguji apakah algoritma berjalan dengan baik, yaitu dapat menghilangkan derau ini, atau sebaliknya tetap terdeteksi. Pada Gambar 3(a), area sangat terang di bagian kiri lintasan juga penulis perhatikan. Bagian ini adalah pantulan cahaya lampu pada tempat robot ini diuji. Pantulan cahaya ini dapat digunakan untuk memperlihatkan pengaruh efek ambang (*threshold*) ketika citra akan diubah menjadi citra biner. Selain derau dan pantulan cahaya, garis tepi pada keramik juga menjadi tantangan tersendiri. Jika sambungan keramik ini berwarna cukup gelap, maka kemungkinan besar akan deteksi sebagai lintasan.



Gambar 3. (a) Citra Awal Hasil Tangkapan Webcam, (b) Citra Biner dengan Nilai Ambang 0,1 (b) Citra Biner dengan Nilai Ambang 0,2 dan (c) Citra Biner dengan Nilai Ambang 0,05

Langkah pengolahan selanjutnya adalah konversi dari citra RGB yang diperoleh dari kamera menjadi citra biner. Penentuan ambang batas menjadi kunci utama dalam proses ini. MATLAB menyediakan pilihan nilai ambang antara 0 sampai 1. Nilai ambang mendekati 1 berakibat pada gambar yang mengarah ke warna hitam, dan sebaliknya mendekati angka 0 akan menyebabkan gambar mayoritas berwarna putih. Pada penelitian ini, nilai ambang terutama diperuntukkan untuk menghilangkan pengaruh pantulan cahaya dan tepi keramik. Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh nilai yang paling tepat digunakan adalah 0,1. Hasil pengolahan menjadi citra pada Gambar 3(a) menjadi citra biner dengan nilai ambang 0,1 diperlihatkan seperti pada Gambar 3(b).

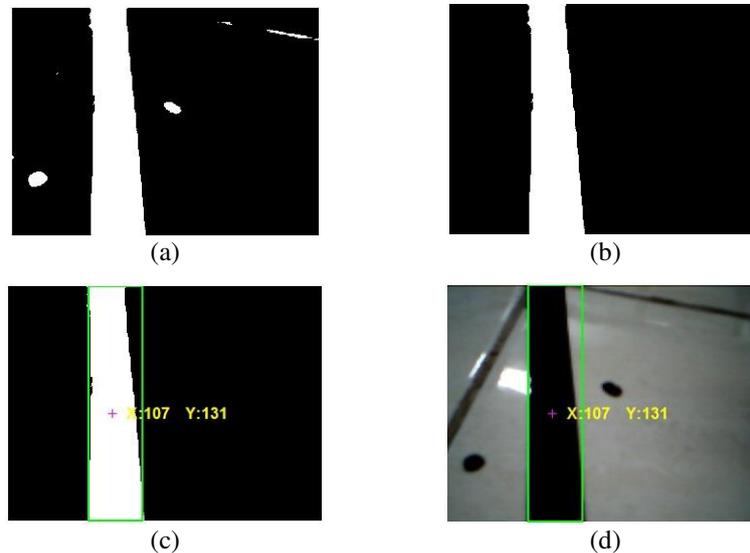
Pada Gambar 3(b), terlihat bahwa hasil konversi tidak sepenuhnya dapat mengkompensasi beberapa area yang cukup gelap, misalnya dua titik derau dan tepi keramik. Jika nilai ambang diturunkan lagi, maka lintasan robot juga akan ikut terpengaruh. Beberapa bagian lintasan robot akan menjadi putih. Namun demikian, jika dinaikkan mendekati angka 1, bagian-bagian tepi keramik akan semakin banyak dikonversi menjadi warna hitam. Proses juga akan semakin dipersulit, sebab area lintasan belum tentu memiliki nilai kekontrasan yang sama. Inilah yang menjadi tantangan utama dalam proses konversi suatu citra berwarna menjadi citra biner. Namun demikian, proses pengolahan citra dapat dilanjutkan untuk menghilangkan beberapa bagian yang tidak diharapkan. Nilai ambang yang berbeda-beda akan berpengaruh pada citra biner yang dihasilkan. Amatilah perbedaannya pada Gambar 3a-c. Pada penelitian ini, nilai ambang dipertahankan tetap sebesar 0,05.

Ketika konversi menjadi citra biner telah dilakukan, proses selanjutnya adalah menghilangkan beberapa area yang memiliki luasan lebih kecil dari nilai tertentu. Hal ini berguna untuk menghilangkan bagian-bagian gambar yang tidak diinginkan, seperti derau dan beberapa batas keramik yang ikut terkonversi menjadi berwarna hitam. Pada penelitian ini, area yang memiliki luasan kurang dari 3000 piksel akan dihapus. Proses menghilangkan objek-objek kecil pada MATLAB dikenal sebagai *area opening*. Untuk merealisasikan proses ini, citra pada Gambar 3 harus dibalik (*invers*) terlebih dahulu menjadi citra seperti pada Gambar 4(a).

Algoritma menghilangkan citra-citra dengan luasan kecil ini (*area opening*) dimulai dengan mendeteksi piksel-piksel mana yang saling terhubung, yaitu dikhususkan untuk citra yang berwarna putih. Hal inilah yang menjadi sebab mengapa harus dilakukan proses inversi terlebih dahulu. Proses *area opening* hanya diperuntukkan untuk piksel bernilai 1 (putih). Setelah menentukan piksel-piksel mana yang terhubung, langkah selanjutnya adalah menghitung luasan area dari gabungan piksel-piksel yang terkoneksi tersebut. Setelah ditentukan, maka dibandingkan dengan nilai ambang. Jika kurang dari nilai ambang, maka objek tersebut akan dihilangkan. Hasil dari proses *area opening* ini diperlihatkan seperti pada Gambar 4(b).

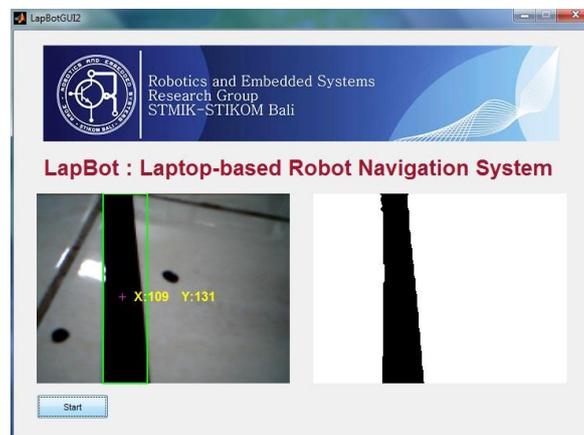
Tahapan selanjutnya pada proses pengolahan citra ini adalah mengikiskan (*erode image*) untuk membantu proses sebelumnya, yaitu proses *area opening* tidak sepenuhnya dapat menghilangkan objek-objek kecil. Proses ini diutamakan bagi citra yang mendapatkan nilai ambang yang terlalu tinggi pada saat dikonversi menjadi citra biner, atau penentuan jumlah piksel yang terlalu kecil pada saat proses *area opening*. Asumsi saat ini objek-objek kecil sudah dihilangkan. Langkah selanjutnya adalah menghitung

nilai pusat (*centroid*) dari lintasan. Nilai ini sangat berguna untuk menentukan aksi dari mikrokontroler dalam mengontrol arah robot. Jika titik pusat terdeteksi lebih condong ke bagian kanan, maka dapat diketahui bahwa robot lebih mengarah ke arah kiri. Dengan demikian, robot harus dibelokkan ke kanan. Demikian pula jika titik pusat terdeteksi terlalu ke kiri, maka robot harus digerakkan ke kiri. Proses ini terlihat seperti pada Gambar 4(c). Jika batas diperlihatkan pada gambar asli, maka diperoleh Gambar 4(d).



Gambar 4. (a) Citra Hasil Inversi, (b) Objek Kecil pada Citra Dihilangkan, (c) Deteksi Pusat Lintasan pada Citra Biner, dan (d) Deteksi Pusat Lintasan pada Citra Berwarna

Untuk memperlihatkan area deteksi, sebuah kotak akan diperlihatkan pada *live video*. Hal ini berguna sebagai analisis secara lebih cepat. Kotak yang dihasilkan pada ilustrasi ini diperlihatkan seperti pada Gambar 4(d). Sebuah antarmuka (GUI) sederhana dibuat sebagai layar interaksi antara pengguna dan sistem. Tampilan antarmuka diperlihatkan seperti pada Gambar 5.

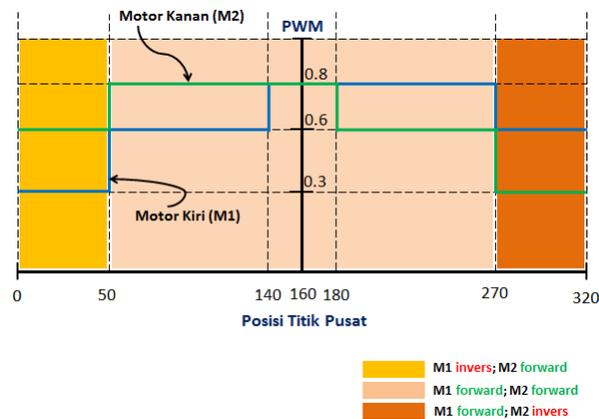


Gambar 5. Tampilan Antarmuka Robot

3.4 Kontrol Kecepatan Putar Motor

Skema pengontrolan kecepatan motor diperlihatkan seperti pada Gambar 6. Pada Gambar 6, terlihat bahwa pengontrolan dibagi menjadi lima area utama yaitu dari 0 – 50, 50 – 140, 140 – 180, 180 – 270, dan 270 – 320. Tiap-tiap daerah memiliki nilai PWM-nya masing-masing. Nilai minimum 0 dan nilai maksimum 320 mewakili lebarnya piksel yang dipakai oleh kamera *webcam*. Pada penelitian ini, digunakan kamera dengan resolusi 240x320 piksel. Dengan demikian, nilai 0 – 320 adalah lebarnya ‘penglihatan’ yang diamati oleh kamera. Nilai-nilai PWM yang ditunjukkan pada Gambar 6 adalah nilai-nilai hasil percobaan. Secara umum, algoritma yang digunakan adalah sebagai berikut. Jika robot berada di area tengah (140 – 180), maka putarlah motor dengan kecepatan tinggi. Kedua motor diberikan nilai

PWM yang sama. Jika robot agak menyimpang ke kiri (50 – 140), maka turunkan sedikit kecepatan motor kiri agar robot mau berbelok ke kanan. Algoritma yang sama berlaku jika robot berbelok ke kanan (140 – 270). Penurunan kecepatan PWM yang tidak terlalu signifikan serta kedua motor tetap dalam putaran maju (forward) akan mengakibatkan robot berbelok secara perlahan. Jika robot terlalu ekstrem ke kiri (0 – 50) atau terlalu ekstrem ke kanan (270 – 320), maka turunkan kecepatan putar motor dan balikkan salah satu arah putar motor. Pengubahan arah putar salah satu motor akan membantu berbaliknya robot dengan lebih responsif, namun tidak terlalu cepat.



Gambar 6. Skema Pengontrolan Kecepatan Putar Motor

4. Simpulan

Rangka robot yang menggunakan pipa PVC memiliki keuntungan dalam hal kemudahan dalam merakit, kekokohan, serta bobot yang ringan. Tidak teramati pembengkokan pada pipa. Pengolahan citra yang cukup sederhana dapat diterapkan pada robot visi yang mengikuti suatu lintasan tertentu (*line follower*). Pada penelitian ini, algoritma untuk mencari titik pusat lintasan dapat diterapkan pada robot untuk mengikuti arah lintasan. Untuk mengenali meja pelanggan, diperlukan perlakuan khusus pada lintasan sebagai penanda bahwa ditempat tersebut terdapat meja pelanggan. Pada penelitian ini, algoritma penentuan luasan lintasan dan teknik *counter* sangat efektif untuk diterapkan untuk mengenali meja pelanggan. Desain mekanik robot dengan menggunakan dua motor DC sebagai penggerak roda belakang dan sebuah roda bebas pada bagian depan memenuhi kriteria navigasi robot. Skema penggunaan roda ini sangat efektif dalam menggerakkan robot.

Daftar Pustaka

- [1] Xia, G., Dannenberd, R., Tay, J., Veleso, M., 2012. *Autonomous Robot Dancing Driven by Beats and Emotions of Musics*, Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS), Valencia, Spain.
- [2] Lazinic, Aleksandar, 2006. *Study of Dance Entertainment Using Robots*, Mobile Robots: Towards New Applications, pp. 535, I-Tech Education and Publishing, ISBN 978-3-86611-314-5.
- [3] Chunjie, C., Qiao, G., Zhangjun, S., Ouyang, L., 2010. *Catering Service Robot*. World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA). pp. 599. ISBN 978-1-4244-6712-9.
- [4] Jyh-Hwa, T., Su Kuo, L., 2009. *The Development of Restaurant Service Mobile Robot with a Laser Positioning System*, The Journal of the IEEE Control Conference, pp.662-666, ISBN 978-7-900719-70-6.
- [5] Chun-Chieh, W., Chih-Teng, S., 2008. *Implementation of Wireless Image Tracking for Wheeled Mobile Robots*, IEEE International Conference on Innovative Computing Information and Control, pp. 163, ISBN 978-0-7695-3161-8.
- [6] Tan, Y.C., Lew, B.F., Tan, K.L., ; Goh, K.V., 2010. *A New Automated Food Delivery System Using Autonomous Track Guided Centre-Wheel Drive Robot*, IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology, pp.32, ISBN 978-1-4244-7504-9.
- [7] Pakdaman, M., Sanaatiyan, M.M., Ghahroudi, M.R., 2010. *A Line Follower Robot From Design to Implementation: Technical Issues and Problems*, The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE), Vol.1, pp.5., ISBN 978-1-4244-5585-0.
- [8] Corke, P., 2011. *Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB®*, Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-20143-1, Chennai.
