

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
DAFTAR ISTILAH	ix
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Permasalahan.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Kontribusi Penelitian	5
1.7. Keaslian Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Tentang Pengukuran Jarak Objek/ <i>Obstacle</i>	8
2.2. Penelitian Tentang Deteksi <i>Obstacle</i> dalam rangka navigasi Robot Beroda	16
BAB III LANDASAN TEORI.....	34
3.1. Akuisisi Citra berbasis Kamera Stereo.....	34
3.2. Perataan Histogram	34
3.3. Deteksi Tepi	35
3.4. Deteksi Warna	36
3.5. <i>Disparity Map</i>	37
3.6. <i>Depth Map</i>	39
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	40
4.1. Tahapan penelitian	40
4.2. Perakitan dan Pengalibrasian Kamera Stereo.....	43
4.3. Usulan Model Penelitian	46
4.3.1. Model <i>Grid-Edge-Depth map</i>	47
4.3.1.1 Pengakuisisian Citra Stereo.....	49
4.3.1.2 Prapemrosesan.....	49
4.3.1.3 Deteksi Tepi Citra Kanan	50
4.3.1.4 Membangun <i>Disparity Map</i>	51
4.3.1.5 Membangun <i>Depth Map</i>	52
4.3.1.6 Membangun Grid-Edge-Depth map.....	53

4.3.1.7 Mendeteksi Keberadaan Lampu Kuning	55
4.3.2. Keputusan Arah Gerak berbasis Aturan.....	57
4.4. Kebutuhan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	70
4.5. Metode Pengujian Model	74
4.5.1. Skenario Pengujian.....	74
4.5.2. Ekeperimen Pra Skenario	77
4.6. Metode Analisis Data	78
4.7. Cara Penarikan Kesimpulan	80
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	81
5.1. Model <i>Grid-Edge-Depth Map</i>	81
5.2. Ekperimen Pra Skenario	90
5.3. Pengambilan Keputusan Arah Gerak Robot berbasis <i>GED-map</i>	90
5.4. Kelebihan dan Kekurangan Model Usulan	98
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN.....	99
Daftar Pustaka	101
Lampiran ke-1 (Hasil eksperimen pra skenario 1).....	109
Lampiran ke-2 (Hasil eksperimen pra skenario 2).....	110
Lampiran ke-3 (Hasil eksperimen pra skenario 3).....	112
Lampiran ke-4 (Hasil eksperimen pra skenario 4).....	114
Lampiran ke-5 (Hasil eksperimen pra skenario 5).....	116
Lampiran ke-6 (Hasil eksperimen pra skenario 6).....	118
Lampiran ke-7 (program matlab).....	123
Lampiran ke-8 (program arduino).....	137
Lampiran ke-9 <i>Vision based robot navigation literature map</i>	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Keaslian penelitian dengan model <i>GED-map</i>	6
Gambar 1.2. Posisi penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya.....	7
Gambar 2.1. Prinsip pendeteksian dan pengukuran jarak objek dengan <i>color block</i>	11
Gambar 2.2. <i>Potential Ban</i> yang disebarakan melalui <i>grid map</i>	19
Gambar 2.3. Sistem navigasi kendaraan otonom berbasis <i>stereo vision</i>	20
Gambar 2.4. Proses mendeteksi <i>free space</i> (Lee et al., 2014)	22
Gambar 3.1. Citra stereo hasil akuisisi menggunakan kamera stereo	34
Gambar 3.2. Citra RGB stereo yang tidak seimbang sebaran intensitasnya	35
Gambar 3.3. Ilustrasi pengakuisisian citra dengan kamera stereo	37
Gambar 3. 4. Ilustrasi algoritme SAD dengan <i>block matching</i>	38
Gambar 4.1. Tahapan penelitian	41
Gambar 4.2. Kamera stereo yang digunakan	43
Gambar 4.3. Persamaan dari <i>Stereo geometry</i> (Dubey, 2016).....	43
Gambar 4.4. Dua puluh citra untuk proses kalibrasi	45
Gambar 4.5. Tampilan dari <i>camera calibration toolbox</i>	45
Gambar 4.6. Tampilan dari <i>stereo camera calibration toolbox</i>	46
Gambar 4.7. Model usulan.....	46
Gambar 4.8. Model usulan yang disertasi dengan grafis ilustrasi per bagian	48
Gambar 4.9. Contoh citra kanan dan kiri yang diakuisisi	49
Gambar 4.10. Contoh grafik histogram dari citra kanan dan kiri	50
Gambar 4.11. Contoh citra kanan dan kiri yang sudah melalui perataan histogram.....	50
Gambar 4.12. Contoh citra kanan dan kiri yang dikonversi ke citra abu-abu.....	50
Gambar 4.13. Contoh citra tepi objek yang dideteksi	51
Gambar 4.14. Contoh <i>disparity map</i>	52
Gambar 4.15. Contoh <i>depth map</i> yang dihasilkan	53
Gambar 4.16. Ilustrasi proses membagi <i>edge-depth map</i> dan menghitung nilai minimal tiap <i>grid</i>	54
Gambar 4.17. Contoh proses deteksi lampu kuning	57
Gambar 4.18. Diagram alir mendeteksi objek tujuan	59
Gambar 4.19. Ilustrasi proses penelusuran lampu kuning sebagai objek tujuan.....	60
Gambar 4.20. Keputusan pada saat tidak ditemukan <i>obstacle</i>	61
Gambar 4.21. Ilustrasi pada saat tidak ditemukan <i>obstacle</i> menuju objek tujuan	62
Gambar 4.22. Pengecekan dan pengoreksian posisi robot terhadap lampu kuning	63
Gambar 4.23. Ilustrasi pada saat proses pengecekan dan pengoreksian posisi robot terhadap lampu kuning	64
Gambar 4.24. Keputusan pada saat robot terlalu dekat dengan <i>obstacle-1</i>	65
Gambar 4.25. Ilustrasi pada saat robot memutuskan bergeser ke kanan.....	66
Gambar 4.26. Keputusan pada saat robot belum terlalu dekat dengan <i>obstacle</i>	67

Gambar 4.27. Ilustrasi pada saat robot memutuskan bergerak maju serong kanan	68
Gambar 4.28. Keputusan pada saat robot terlalu dekat dengan <i>obstacle-2</i>	69
Gambar 4.29. <i>Slave controller</i> robot beroda.....	72
Gambar 4.30. Robot beroda lengkap beserta laptop dan kamera.....	73
Gambar 4.31. Konfigurasi lingkungan pada skenario 1.....	76
Gambar 4.32. Konfigurasi lingkungan pada skenario 2.....	77
Gambar 4.33. Konfigurasi lingkungan pada skenario 3.....	77
Gambar 5.1. Hasil akuisisi citra kanan dan kiri	81
Gambar 5.2. Contoh hasil citra <i>edge-depth</i> yang dibagi menjadi beberapa <i>grid</i> vertikal dan horizontal (total 25 <i>grid</i>)	82
Gambar 5.3. <i>Grid-edge-depth map</i> yang dihasilkan	83
Gambar 5.4. Hasil pengujian <i>Grid-edge-depth map</i>	87
Gambar pra skenario 1. Ilustrasi pra skenario ke-1.....	109
Gambar pra skenario 2. Ilustrasi pra skenario ke-2.....	111
Gambar pra skenario 3. Ilustrasi pra skenario ke-3.....	113
Gambar pra skenario 4. Ilustrasi pra skenario ke-4.....	115
Gambar pra skenario 5. Ilustrasi pra skenario ke-5.....	117
Gambar pra skenario 6. Ilustrasi pra skenario ke-6.....	119
Gambar pra skenario 7. Ilustrasi pra skenario ke-6.....	120
Gambar pra skenario 8. Ilustrasi pra skenario ke-6.....	121
Gambar pra skenario 9. Ilustrasi pra skenario ke-6.....	122

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Perbandingan penggunaan sensor pada robot (Kumar, 2007)	2
Tabel 2.1. Perbandingan metode pengukuran jarak objek	12
Tabel 2.2. Perbandingan metode deteksi <i>obstacle</i> dalam rangka navigasi robot beroda ..	24
Tabel 2.3. Posisi penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya.....	32
Tabel 4.1. Tabel kebenaran data perintah mikrokontroler ke <i>driver</i> motor	71
Tabel 5.1. <i>Grid_3_1</i> (kolom 55-64 dan baris 130-144)	84
Tabel 5.2. <i>Grid_3_2</i> (kolom 65-74 dan baris 130-144)	84
Tabel 5.3. Perbandingan pengukuran jarak objek (1)	86
Tabel 5.4. Perbandingan pengukuran jarak objek (2)	87
Tabel 5.5. Perbandingan metode usulan dengan penelitian sebelumnya	89
Tabel 5.6. Hasil uji robot dengan skenario 1	92
Tabel 5.7. Hasil uji robot dengan skenario 2	94
Tabel 5.8. Hasil uji robot dengan skenario 3	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran ke-1 (Hasil eksperimen pra skenario 1).....	109
Lampiran ke-2 (Hasil eksperimen pra skenario 2).....	110
Lampiran ke-3 (Hasil eksperimen pra skenario 3).....	112
Lampiran ke-4 (Hasil eksperimen pra skenario 4).....	114
Lampiran ke-5 (Hasil eksperimen pra skenario 5).....	116
Lampiran ke-6 (Hasil eksperimen pra skenario 6).....	118
Lampiran ke-7 (program matlab).....	123
Lampiran ke-8 (program arduino).....	137
Lampiran ke-9 <i>Vision based robot navigation literature map</i>	146

DAFTAR ISTILAH

No.	Istilah	Arti
1.	<i>Grid</i>	adalah salah satu bagian dari <i>GED-map</i>
2.	<i>GED-map</i>	adalah kependekan dari <i>Grid-Edge-Depth map</i> dan merupakan citra yang berisi informasi jarak dan posisi relatif objek yang terdeteksi oleh kamera yang digunakan oleh robot beroda pada penelitian ini. Citra ini berasal dari informasi <i>depth map</i> yang disubstitusikan nilai pikselnya ke piksel yang bernilai 1 dari citra hasil deteksi tepi (<i>edge</i>). Kemudian hasilnya dibagi-bagi menjadi 5 <i>grid</i> secara vertikal dan 5 <i>grid</i> secara horizontal sehingga berjumlah total 25 <i>grid</i> . Masing-masing <i>grid</i> kemudian di hitung nilai minimalnya dan menjadi nilai jarak terdekat objek yang terdeteksi dan berada pada posisi <i>grid</i> tersebut. Kata <i>map</i> melekat pada kata <i>depth map</i> .
3.	xKuning	adalah nilai posisi koordinat x dari lampu kuning yang terdeteksi.
4.	yKuning	adalah nilai posisi koordinat y dari lampu kuning yang terdeteksi.
5.	Sistem penggerak <i>holonomic</i>	adalah sistem penggerak robot yang menggunakan empat buah roda <i>omni direction</i> yang disusun sedemikian memungkinkan robot untuk bergerak kesegala arah.
6.	<i>Obstacle</i>	dalam penelitian ini adalah benda atau objek yang digunakan sebagai penghalang gerakan robot beroda, baik yang diletakkan di depan secara tegak lurus terhadap robot maupun di bagian depan serong kanan maupun serong kiri dari robot.
7.	<i>Master controller</i>	adalah berupa sebuah laptop yang berfungsi untuk melakukan proses dari akuisisi citra menggunakan kamera stereo, melakukan pra pemrosesan, membangun <i>GED-map</i> hingga memutuskan arah gerak yang perintahnya akan diteruskan ke perangkat <i>slave controller</i> pada proses navigasi robot beroda pada penelitian ini.
8.	<i>Slave controller</i>	adalah serangkaian perangkat keras yang terdiri atas sebuah mikrokontroler berbasis sistem arduino dengan empat buah penggerak, motor dc dan juga regulator tegangan serta baterai, dan keseluruhan perangkat ini berfungsi menerima perintah yang terkodekan huruf abjad dari <i>master controller</i> untuk arah pergerakan robot.
9.	<i>Field of view</i>	adalah area yang dapat dilihat oleh kamera stereo yang digunakan pada penelitian ini, baik secara horizontal maupun vertikal.
10.	<i>Laser Range Finder</i>	Adalah sensor berbasis sinar laser yang digunakan untuk mengukur jarak suatu objek .

11.	<i>Map based</i>	Sistem navigasi yang menggunakan representasi peta ruang atau lingkungan sebagai dasar navigasinya.
12.	<i>Map buiding</i>	Sistem navigasi yang secara bersamaan membangun representasi peta ruang atau lingkungan, dan kemudian memanfaatkannya sebagai dasar navigasi berikutnya.
13.	<i>Mapless</i>	Sistem navigasi yang tidak secara eksplisit menggunakan representasi peta ruang atau lingkungan tempat navigasinya
14.	Sistem keputusan berbasis aturan	Sistem yang berisi aturan-aturan yang memutuskan arah gerak robot dengan masukan berupa informasi jarak dan posisi relatif objek dari <i>Grid-Edge-Depth map</i> .
15.	<i>Goal</i>	Titik tujuan dari navigasi
16.	<i>Obstacle</i>	Penghalang navigasi robot beroda yang berupa kursi ukuran 20 x 20 x 40 cm, meja belajar lipat, dan kotak berukuran 40 x 10 x 40 cm.