

Aplikasi *Photovoltaic System* pada Kursi Roda Elektrik

Mukhtar Rahman dan Rafiuddin Syam

Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Makassar 90245, Indonesia

Korespondensi: rafiuddinsyam@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bangun kursi roda elektrik dengan menggunakan sel surya. Adapun tujuan lain dari penelitian ini adalah untuk menghitung daya yang dihasilkan sel surya serta menguji pada sistem kursi roda elektrik. Serta untuk menguji pada kasus navigasi penulis mengimplementasikan program sistem kendali kursi roda elektrik untuk menggunakan sensor garis. Masalah energi yang melanda dunia berimplikasi pada penghematan pada seluruh bidang namun pelayanan terhadap umat manusia terus dipace menjadi lebih baik, begitu pula penggunaan kursi roda elektrik bagi para penyandang cacat, harus tetap hemat energi dan *green energy*. Adapun tahapan penelitian ini adalah simulasi hasil disain kursi roda elektrik dengan menggunakan software 3DMax selanjutnya eksperimen yang dilakukan pada beberapa kondisi beberapa keadaan jalanan untuk mengetahui tingkat kekuatan torsi dari kedua motor tersebut. Kursi roda elektrik ini menggunakan 2 roda elektrik dengan sistem kendali independen. Disamping itu kursi roda elektrik ini dapat menaiki tanjakan dengan kemampuan mengatur letak *center of gravity* yang tetap. Hal ini berguna untuk kenyamanan bagi penumpang yang menggunakan kursi elektrik. Selain itu diuji cobakan dengan menggunakan navigasi dengan *Line Follower Sistem*. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah kursi roda elektrik dapat beroperasi lebih lama dengan menggunakan photovoltaic sistem dan sekaligus dapat autonavigasi dengan *line follower* sistem secara bersamaan.

Kata-kata kunci- *Mobile robot, Kursi roda elektrik, Photovoltaic*

Pendahuluan

Kursi roda adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan karena penyakit, cedera, maupun cacat. Individu tersebut, dengan keterbatasan gerakan dapat terbantuan oleh kursi roda standar yang dapat membantu mereka bergerak berpindah tempat dari tempat satu ke tempat yang lainnya ataupun melakukan aktifitas lainnya.

Untuk mengakomodasi populasi ini, beberapa peneliti telah mempergunakan teknologi yang mula-mula dikembangkan untuk mobile robot untuk menciptakan *smart wheelchair* (kursi roda cerdas), yang mengurangi kebutuhan fisik, kecermatan, dan keterampilan yang diperlukan untuk mengoperasikan kursi roda standar. Kursi roda cerdas didesain untuk menyediakan kemudahan bagi pemakainya, seperti memastikan bepergian tanpa bentrokan/tubrukan, membantu kinerja dari sipengguna dan otomatis dapat mengantarkan penggunanya tersebut ke lokasi tertentu. Dalam hal penelitian tentang kursi roda, para peneliti bidang robotika mengklasifikasikan kebidang mobile robot. Dimana robot kursi roda merupakan robot medis yang berfungsi sebagai alat bantu untuk penderita lumpuh dan lanjut usia (lansia). Menurut teori, kursi roda ini lebih mudah dan aman digunakan. Akan tetapi pada prakteknya kursi roda ini kadang lebih berbahaya, kecelakaan yang serius sering diakibatkan oleh kegagalan sistem komputerisasi pada kursi roda.

Penelitian lainnya mengenai kursi roda yaitu menciptakan kursi roda listrik yang dikendalikan dengan gerakan mata, sehingga orang yang lumpuh total mudah untuk menggunakannya. Kursi roda ini menjadikan posisi retina mata pemakai sebagai pengganti joystick untuk mengendalikan kecepatan dan arah kursi roda itu. Gerakan mata yang melirik itu akan ditangkap sebagai sinyal listrik, kemudian diterjemahkan ke dalam *signal conditioning* (sinyal pengkondisian) melalui sensor yang terhubung dengan microcontroller dan motor penggerak di bawah kursi roda [2].

Namun kursi roda elektrik mempunyai mobilitas yang terbatas karena bergantung pada kapasitas baterai sehingga harus melakukan pengisian ulang terhadap baterai yang memakan waktu yang cukup lama. Hal ini menimbulkan ketidaknyamanan pada pengguna kursi roda tersebut. Dan pada umumnya, kursi roda masih digerakkan oleh tenaga manusia dan masih sedikit yang menggunakan tenaga elektrik, dimana tenaga elektrik sebagian menggunakan tenaga aki.

Solar cell adalah alat yang digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Solar cell ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem solar cell sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Solar cell juga

kebanyakan digunakan pada kehidupan sehari-hari misalnya pada *traffic light* (lampu merah)[3].

Kursi Roda Elektrik

Kursi roda adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan menggunakan kaki, baik dikarenakan oleh penyakit, cedera, maupun cacat (lumpuh). Alat ini digerakan dengan menggunakan tangan, atau dengan didorong oleh pihak lain. Kursi dan roda telah ditemukan 4000 tahun sebelum masehi di timur tengah. Pada tahun 530 SM orang Yunani mengkombinasikan roda dan furniture, kemudian tahun 1655 Stephen Farfler membuat kursi roda yang ia namakan *Self-propelled chair*. Pemakaian pertama kursi roda di Inggris tercatat pada tahun 1670-an [16].



Gambar 1. Kursi Roda Buatan John D

Sumber : www.wheelchairnet.org

Tahun 1783 di Inggris, John Dawson membuat kursi roda dengan dua roda besar dan satu roda kecil, kursi roda ini mendominasi pasar pada abad ke-19. Tahun 1933 Herbert A. Everest membuat kursi roda yang dapat dilipat dari bahan metal di Los Angeles. Kursi roda merupakan alat bantu yang dilengkapi dengan empat roda, yaitu dua roda penggerak yang digerakkan dengan tangan dan dua roda independen.

A. Prinsip Dasar Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan sebuah sistem yang terdiri atas satu atau beberapa peralatan yang berfungsi untuk mengendalikan sistem lain yang berhubungan dengan sebuah proses. Keberadaan controller dalam sebuah sistem kendali mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh tidak dapat diubahnya komponen penyusun sistem tersebut. Artinya, karakteristik *plant* harus diterima sebagaimana adanya, sehingga perubahan perilaku sistem hanya dapat dilakukan melalui penambahan suatu sub sistem, yaitu controller .

1. Persyaratan Umum Sistem Kendali

Setiap sistem kendali harus stabil. Ini merupakan persyaratan utama. Disamping kestabilan mutlak, suatu sistem kendali harus mempunyai kestabilan relatif yang layak. Jadi, kecepatan respon harus cukup

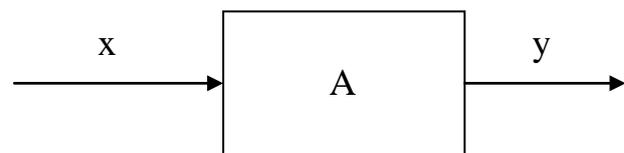
cepat dan menunjukkan peredaman yang layak. Suatu sistem kendali juga harus mampu memperkecil kesalahan sampai nol atau sampai pada suatu nilai yang dapat ditoleransi. Setiap sistem kendali yang berguna harus mempunyai persyaratan ini. Persyaratan kestabilan relatif yang layak dan ketelitian keadaan tunak (*steady state*) cenderung tidak dapat dipenuhi secara bersama-sama. Oleh karena itu dalam mendesain sistem kendali, kita perlu melakukan kompromi yang paling efektif diantara dua persyaratan ini.

2. Pembuatan Model Matematik

Komponen-komponen yang terlihat dalam sistem kendali sangat jauh berbeda satu dengan yang lain. Mereka dapat berupa elektro-mekanika, hidrolika, pneumatika, elektronika dan sebagainya. Untuk memudahkan rekayasa kendali, kita menggantikan alat-alat atau komponen perangkat keras demikian dengan model matematikanya. Mendapatkan model matematika yang cukup tepat dari suatu komponen fisik adalah salah satu masalah yang paling penting dalam rekayasa kendali.

3. Diagram Kontrol

Diagram blok menunjukkan urutan operasi secara fungsional melalui elemen-elemen yang membangunnya dan dinyatakan dengan kotak seperti pada gambar 15.



Gambar 3. Diagram Blok

Dalam simbol ini, A menyatakan suatu sistem atau proses (mekanis, termis, elektrik, hidrolika, pneumatik) sedang tanda panah menunjukkan arah proses yang dinyatakan oleh variabel x dan y . Pada umumnya variabel yang berada di sebelah kiri tanda kotak merupakan masukan terhadap kotak, sedang variabel sebelah kanan menunjukkan keluaran terhadap kotak tersebut atau lebih umum tanda panah yang menuju kotak adalah masukan sedang tanda panah yang menjauhi kotak adalah keluaran daripada kotak tersebut.

Variabel biasanya dinyatakan dengan huruf kecil. Kotak A adalah suatu sistem. Sistem adalah kombinasi komponen-komponen yang saling mempengaruhi bersama dan membentuk suatu proses yang dapat dinyatakan secara matematis. Contohnya adalah sistem fisis, biologis, kimia maupun kombinasinya. Secara simbolis sistem dinyatakan oleh huruf besar, sedang hubungan antara keluaran dan masukan dinyatakan oleh:

$$y = Ax \quad (1)$$

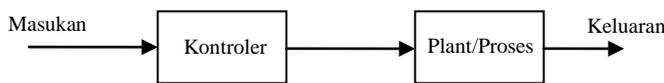
Dari hubungan ini dapat dilihat bahwa sebuah kotak sebetulnya merupakan faktor pengali terhadap masukan ($y = Ax$), atau dengan kata lain dapat disebutkan bahwa kotak A adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk merubah harga masukan. Contohnya adalah penguat (*amplifier*), filter dan lain-lain .

4. Jenis –Jenis Pengontrolan

a. Sistem Kendali Lup Terbuka (*Open-Loop Control System*)

Sistem kendali lup terbuka adalah sistem kendali yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kendali lup terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpun-balikkan untuk dibandingkan dengan masukan [17] .

$$\frac{B(s)}{E(s)} = G(s)H(s) \tag{2}$$

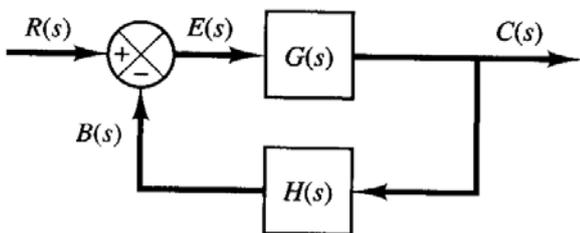


Gambar 4. Sistem Kendali Lup Terbuka [18]

b. Sistem Kendali Lup Tertutup (*Closed-Loop Control System*)

Sistem kendali lup tertutup adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Jadi, sistem kendali lup tertutup adalah sistem kendali berumpan-balik (yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran dan turunannya), diumpunkan ke kontrolller untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan [17].

$$\begin{aligned} C(s) &= G(s)E(s) \\ E(s) &= R(s) - B(s) \\ &= R(s) - H(s)C(s) \\ C(s) &= G(s)[R(s) - H(s)C(s)] \end{aligned} \tag{3}$$



Gambar 5. Sistem Kendali Lup Tertutup [18]

B. Matahari Sebagai Sumber Energi

Sejarah perkembangan teknologi sel surya atau juga disebut *photovoltaic* dimulai ketika seorang fisikiawan di Perancis Antoine-Cesar Becquerel, melakukan serangkaian penelitiannya pada tahun 1839. Becquerel menemukan bahwa tegangan listrik terjadi saat cahaya jatuh pada elektroda yang digunakannya pada

penelitian tersebut. Inilah pengamatan yang pertama kali dalam sejarah terhadap efek dari *photovoltaic*. Istilah photo atau foto berasal dari bahasa Yunani yang berbunyi “*phos*” yang berarti cahaya. Sedangkan kata *voltaic* merupakan pengembangan dari istilah *Volt* yang diambil dari nama Alessandro Volta, seorang pelopor dalam pengembangan listrik. *Photovoltaic* berarti cahaya listrik [19].

Kebutuhan akan energi yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi. Semakin menipisnya persediaan energi dan juga ketergantungan pada salah satu jenis energi dimana hingga saat ini pemakaian bahan bakar minyak sangat besar sekali dan hampir semua sektor kehidupan menggunakan bahan bakar ini, sementara itu bahan bakar minyak merupakan komoditi ekspor yang dominan untuk pendapatan negara.

Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu pencarian tersebut diarahkan pada pemanfaatan energi matahari baik secara langsung maupun tidak langsung dengan menggunakan panel sel surya yang dapat merubah energi matahari menjadi energi listrik yang dinamakan *solar cell*.

Solar cell merupakan suatu panel yang terdiri dari beberapa sel dan beragam jenis. Penggunaan *solar cell* ini telah banyak digunakan di negara-negara ber kembang dan negara maju dimana pemanfaatannya tidak hanya pada lingkup kecil tetapi sudah banyak digunakan untuk keperluan industri sehingga energi matahari dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Energi matahari mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan energi lain. Keuntungan yang dapat diperoleh adalah jumlahnya cukup besar, kontinue, tidak menimbulkan polusi, terdapat dimana-mana dan tidak mengeluarkan biaya yang besar. Penggunaan *solar cell* ini juga sangat cocok digunakan di jajaran TNI dimana seringnya pelaksanaan tugas di daerah terpencil yang belum terjangkau arus listrik maupun dimanfaatkan untuk alat dengan konsumsi listrik skala kecil sehingga dapat membantu tugas prajurit di lapangan dalam mendukung pertahanan keamanan bangsa [20].

Penggunaan energi matahari sebagai energi alternatif dengan singkat dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1: Pemanfaatan Tenaga Matahari Sebagai Sumber Energi

No.	Teknologi	Penggunaan		Ket.
		Aplikasi	Bidang	
1.	Photovoltaic	Pompa air	Pertanian	Teruji
		Televisi	Penyediaan air bersih	
		Penerangan Pendinginan Pemanas air	Penerangan Pembangunan Pembangunan Keg. Produktif malam hari Refrigerasi	
2.	Thermal	Pembangkit listrik	obat-obatan Hotel, Puskesmas, Rumah tangga Listrik pedesaan	

Sumber: Douglas, M. Conside (1977)

C. Teknologi Sel Surya

Kita memakai bahan semikonduktor untuk membuat sel surya sebab ia adalah suatu penghantar semu, yaitu suatu zat logam yang dapat bertindak sebagai penyekat dan penghantar.

Ada beberapa bahan semikonduktor yang sering digunakan tetapi yang sering dipakai adalah silikon. Antara lain dapat dilihat pada tabel berikut:

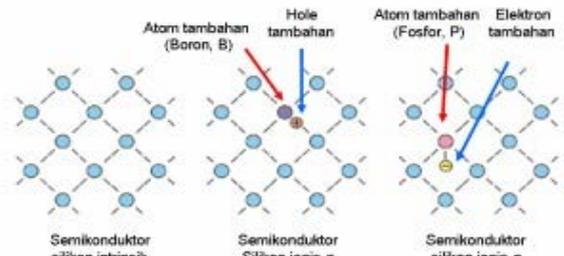
Tabel 2: Perubahan Energi Photovoltaic (Sel Surya)

Material semikonduktor	Kelebihan	Kekurangan	Keterangan
Silikon	Jumlah berlimpah. Efisiensinya 19%	Tidak tahan radiasi. Eff turun pada suhu tinggi.	Banyak digunakan pada peralatan ruang angkasa.
Cadmium Sulfida	Harga murah dan ringan.	Tidak stabil pada eff diatas 6%.	Masih terus dikembangkan penggunaannya.
Galium Arsenida	Beroperasi pada suhu tinggi. Tahan terhadap radiasi.	Umumnya eff.kurang dari 10%.	Pekerjaan dilakukan dengan sel film tipis.
Alumini um-galium arsenide.	Eff. tinggi (lebih dari 23%).	Effisiensi kurang dari 9%.	Baru dikembangkan. Dalam taraf pengembangan.
Polycristal silicon	Harga murah		

Proses perubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor yakni jenis *n* dan jenis *p*.

Semikonduktor jenis *n* merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (*n* = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis *p* memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan *p* (*p* = positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya,

dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini:

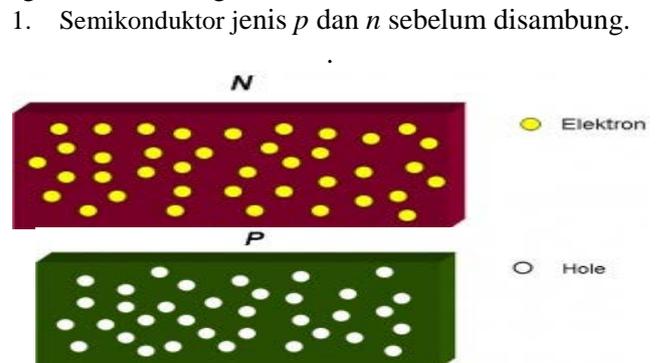


Gambar 6. Semikonduktor Silikon Interistik, Jenis P Dan N.

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini,elektron maupun *hole* memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Misal, semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis *p*, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminum (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam Si.

Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah *hole*. Sedangkan semikonduktor jenis *n* dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor (P) atau arsen (As) ke dalam (Si). Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, (Si) intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan *doping* yang jumlahnya tidak lebih dari (1%) dibandingkan dengan berat (Si) yang hendak di-*doping*.

Dua jenis semikonduktor *n* dan *p* ini jika disatukan akan membentuk sambungan *p-n* atau dioda *p-n* (istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi/*metallurgical junction*) yang dapat digambarkan sebagai berikut:

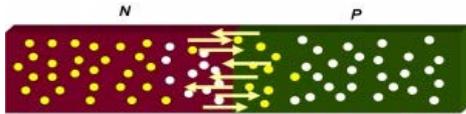


Gambar 7. Semikonduktor Jenis *p-n*.

Sumber: Iyang (2008).

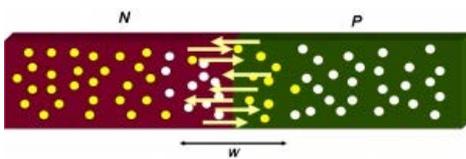
- Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor *n* menuju semikonduktor *p*,

dan perpindahan *hole* dari semikonduktor *p* menuju semikonduktor *n*. Perpindahan elektron maupun *hole* ini hanya sampai pada jarak tertentu dari batas sambungan awal.



Gambar 8. Semikonduktor Jenis *P-N* Sesaat Setelah Disambung.

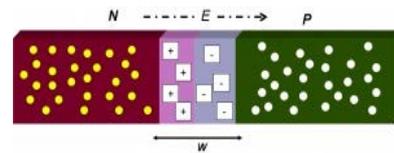
- Elektron dari semikonduktor *n* bersatu dengan *hole* pada semikonduktor *p* yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor *p* akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan positif. Pada saat yang sama, *hole* dari semikonduktor *p* bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor *n* yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan negatif.



Gambar 9. Semikonduktor Jenis *P-N* Membentuk Daerah Depleksi.

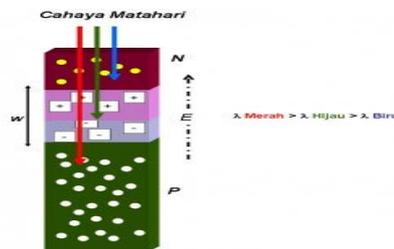
- Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah depleksi (*depletion region*) ditandai dengan huruf *W*.
- Baik elektron maupun *hole* yang ada pada daerah depleksi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.
- Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah depleksi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal *E* dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor *p* dan elektron ke semikonduktor *n*. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan *hole* maupun elektron pada awal terjadinya daerah depleksi.
- Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan *p-n* berada pada *titik setimbang*, yakni saat dimana jumlah *hole* yang berpindah dari semikonduktor *p* ke *n* dikompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik kembali ke arah semikonduktor *p* akibat medan listrik *E*. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor *n* ke *p*, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor *n* akibat tarikan medan listrik *E*. Dengan kata lain, medan listrik *E* mencegah seluruh elektron dan *hole*

berpindah dari semikonduktor yang satu ke semikonduktor yang lain.



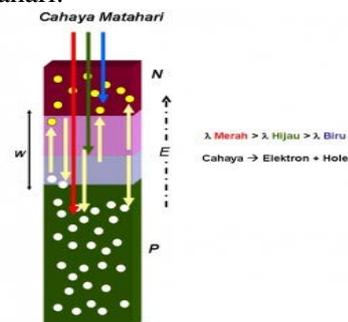
Gambar 10. Semikonduktor Jenis *P-N* Setelah Terbentuk Medan Listrik.

Pada sambungan *p-n* inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor *n* berada pada lapisan atas sambungan *p-n* yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor *p*, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah depleksi dan semikonduktor *p*.



Gambar 11. Semikonduktor Jenis *P-N* Pada Saat Terkena Cahaya Matahari.

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor *n*, daerah depleksi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photogeneration*) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan *hole* akibat cahaya matahari.



Gambar 12. Elektron Terbentuk Akibat Cahaya Matahari.

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lambda”) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan *p-n* berada pada bagian sambungan *p-n* yang berbeda pula.

Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor *p* yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor *n*. Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan *p-n* terdapat medan listrik *E*, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor *n*, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor *p*.

Hasil Perhitungan dan Pembahasan

A. Hasil Perhitungan Daya Sel Surya dan Aki

1. Jika data diperoleh sebagai berikut:
 - a. Intensitas relasi global $I_g = 785 \text{ W/m}^2$
 - b. Tegangan sel surya (V_{out}) = 20 volt
 - c. Arus sel surya (I_{out}) = 4,2 ah
 - d. Luas 1 panel sel surya adalah $0,4473 \text{ m}^2$

Dari data-data di atas, maka dapat dianalisa sebagai berikut:

Daya input sel surya

$$P_m = I_g \times A$$

$$= 785 \times 0,4473 = 351,28 \text{ watt}$$

Daya output actual

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$= 20 \times 4,2$$

$$= 84 \text{ watt}$$

Efisiensi sel surya

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

$$= \frac{84}{351,28} \times 100 \% = 23,9$$

Dari Spesifikasi Alat, Waktu Yang dibutuhkan Untuk Pengisian Aki Dapat diketahui Data Sebagai Berikut:

- a. Tegangan aki (V_{aki}) = 12 volt
 - b. Arus aki (I) = 45 ah
 - c. Daya sel surya (peak) = 50 WP
- Daya aki (P_{aki}) = $V \times I = 12 \times 45$
 = 540 watt.hour

Karena dalam perancangan menggunakan duah buah aki, maka:

$$\text{Total daya aki} = 2 \times P_{aki} = 2 \times 540$$

$$= 1080 \text{ watt.hour}$$

Waktu yang diperlukan:

$$t = \frac{1080}{50}$$

$$= 21,6 \text{ jam}$$

2. Dari Waktu Pemakaian Aki, diketahui Spesifikasi Alat Bahwa:

- a. Daya motor = 23 watt
- b. Efisiensi aki (η) = 80 %
- c. Total Daya motor = $2 \times 23 = 46 \text{ watt}$

$$\text{Waktu pemakaian } (t) = \frac{P_{aki}}{P_{motor}}$$

$$= \frac{1080}{46}$$

Atau setara dengan 23 jam

B. Hasil Perhitungan Kinematik Kontrol

- a. Posisi awal

Diketahui, posisi awalnya:

$$X_r = 6$$

$$Y_r = 2$$

$$\theta_r = 45^\circ$$

dapat ditulis dalam bentuk matriks:

$$P_r = \begin{bmatrix} 6 \\ 2 \\ 45^\circ \end{bmatrix}$$

- b. Posisi referensi

$$X_c = 1$$

$$Y_c = 1$$

$$\theta = 45^\circ$$

dapat ditulis dalam bentuk matriks:

$$P = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 45^\circ \end{bmatrix}$$

- c. Kesalahan pelacakan

Dari persamaan (1), rumus ditulis kembali maka:

$$e_p = R\theta(P_r - P)$$

$$e_p = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x_c \\ y_r - y_c \\ \theta_r - \theta \end{bmatrix}$$

$$e_p = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 45^\circ & \sin 45^\circ & 0 \\ -\sin 45^\circ & \cos 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6 - 1 \\ 2 - 1 \\ 45^\circ - 45^\circ \end{bmatrix}$$

$$e_p = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,7 & 0 \\ -0,7 & 0,7 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \\ 0^\circ \end{bmatrix}$$

$$e_p = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,5 + 0,7 + 0 \\ -3,5 + 0,7 + 0 \\ 0 + 0 + 0 \end{bmatrix}$$

$$e_p = \begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4,2 \\ -2,8 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- d. Kesalahan kecepatan (*Error velocity*)

Diketahui:

$$\omega = 0,16 \text{ rad/s}$$

$$V_r = 1,2 \text{ m/s}$$

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$W_r = 0,19 \text{ rad/s}$$

Dari persamaan (7), ditulis kembali maka:

$$\dot{e} = \begin{bmatrix} \dot{e}_x \\ \dot{e}_y \\ \dot{e}_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega \cdot e_y - V + V_r \cos(e_\theta) \\ -\omega \cdot e_x + V_r \sin(e_\theta) \\ \omega_r - \omega \end{bmatrix}$$

$$\dot{e}_p = \begin{bmatrix} \dot{e}_x \\ \dot{e}_y \\ \dot{e}_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,16(-2,8) - 0 + 1,2 \cos 0 \\ -0,16 \cdot 4,2 + 1,2 \sin 0 \\ 0,19 - 0,16 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0,752 \\ -6,72 \\ 0,03 \end{bmatrix}$$

- e. Persamaan kecepatan

Diasumsikan k_x , k_y , dan k_θ berturut-turut 0.4, 0.5, dan 0.1. Maka dari persamaan P, ditulis kembali:

$$V_c = \begin{bmatrix} V_c \\ \omega_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_x \cdot e_x + V_r \cos(e_0) \\ \omega_r + k_y V_r e_y + k_0 V_r \sin(e_0) \end{bmatrix}$$

$$V_c = \begin{bmatrix} V_c \\ \omega_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,19 + 0,5 \cdot 1,2 \cdot (-2,8) + 1 \cdot 1,2 \sin 0 \\ 2,88 \end{bmatrix}$$

$$V_c = \begin{bmatrix} V_c \\ \omega_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,49 \\ 2,88 \end{bmatrix}$$

C. Pembuatan Kursi Roda Elektrik Menggunakan Sel Surya

Secara garis besar, ada tiga tahapan yang dilakukan dalam pembuatan kursi roda, yaitu:

a. Pembuatan mekanik kursi roda elektrik

Pada tahap ini pembuatan berdasarkan desain yang telah dibuat. Mekanik kursi robot yang terdiri dari:

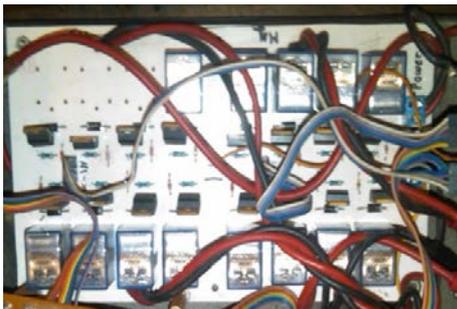
1. Rangka dari kursi roda yang terbuat dari:
 - a. Besi pipa pejal berdiameter 0,5 inch
 - b. Besi pipa berongga berdiameter 0,5 inch
 - c. Besi kotak 5x2
2. Sistem penggerak dari kursi roda elektrik terdiri dari:
 - a. Motor DC (wiper motor) dengan torsi 70 Nm
 - b. Roda gigi
 - c. Veleg sepeda
 - d. Ban Sepeda
3. Rangka dudukan sel surya yang terbuat dari besi siku 3x3.

b. Pembuatan sistem elektronik kursi roda

Sistem elektronik dari kursi roda elektrik itu terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Driver motor

Driver motor yaitu bagian elektronik yang akan mengontrol putaran motor sesuai perintah dari mikrokontroler. Driver ini berfungsi sebagai penguat keluaran dari mikrokontroler.



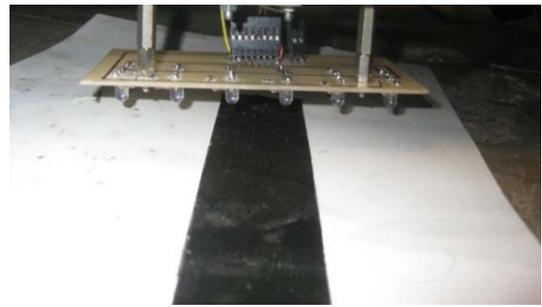
Gambar 13. Driver Kursi Roda Elektrik

2. Mikrokontroler

Mikrokontroler yaitu bagian elektronik yang mengontrol semua perangkat yang terpasang pada *mobile robot*, seperti sensor, driver motor, dan mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATMega8535.

3. Sensor garis

Sensor garis yaitu *interface* yang akan menuntun *mobile robot* mengikuti lintasan berupa garis putih diatas permukaan gelap atau sebaliknya.



Gambar 14. Sensor Garis

4. Penggunaan Sel Surya

Rancangan kursi roda elektrik ini menggunakan panel sel surya berfungsi menyuplai energi ke baterai/aki pada saat kursi roda digunakan di luar ruangan. Jenis sel surya yang digunakan adalah sel surya yang berkapasitas 50 watt dan tegangan yang dihasilkan 21,6 Volt.

Untuk menyuplai energi, dibutuhkan *controller charger* agar mengkonverter tegangan dari pannel sel surya dari 21,6 Volt menjadi 12 Volt karena baterai/aki yang digunakan adalah aki yang mempunyai spesifikasi 12 Volt dengan besar arus 40 Amper.

Posisi panel sel surya berada pada bagian atas kursi roda berguna selain sebagai sumber penyuplai energi, juga berfungsi sebagai atap kursi roda untuk melindungi pengguna kursi roda dari sinar matahari pada saat digunakan di luar ruangan.



Gambar 15. Panel Sel Surya

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

1. Konstruksi dari kursi roda elektrik, menggunakan material besi sebagai bahan dasar rangkanya dan menggunakan sambungan baut, sambungan las, serta motor wiper mobil, sensor dan sel surya sebagai kelengkapan mekanik dan elektroniknya.
2. Setelah menghitung daya yang dihasilkan oleh sel surya, waktu yang diperlukan untuk menyuplai daya aki dari sel surya selama 21,6 jam.
3. Sistem kendali yang digunakan mobile robot adalah *auto-navigasi line tracer* dengan gerakan

yang bergantung pada pola input sensor dan sistem kendali manual dengan menggunakan tombol (switch).

SARAN

1. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan sudah menggunakan motor DC yang mempunyai torsi dan putaran motor yang lebih besar agar kecepatan dari kursi roda dapat ditingkatkan.
2. Daya sel surya yang digunakan kiranya bisa lebih besar lagi dari yang ada sekarang, agar dapat menyerap lebih banyak lagi tenaga matahari yang akan digunakan.
3. Pada penelitian selanjutnya, diharapkan agar kapasitas aki yang digunakan dapat ditambah lagi agar dapat menyimpan daya dari sel surya yang diserap dari energi matahari lebih banyak lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, Expose Data Penyandang Cacat
<http://www.depsos.go.id/modules.php?name=News&file=print&sid=1013>
- [2] Anonim, Mahasiswa ITS Ciptakan Kursi Roda Bersensor Retina Mata.
<http://www.kapanlagi.com/h/0000219728.html>
- [3] Anonim, Pembangkit Tenaga Surya.
<http://mokoraden.blogdetik.com/2011/09/12/981/>
- [4] Anonym, *Robot Mobile*, WIKIPEDIA Ensiklopedia Bebas. http://id.wikipedia.org/wiki/Robot_Mobile. (diakses 22 april 2011)
- [5] Ahmad Erwiansah, Aulia Sabril, Desain dan Kontrol Prototipe Robot Fire Fighting Tipe Traching Wheels [tesis]. Makassar: Universitas Hasanuddin; 2008.
- [6] Nugroho Prapto, list website mobile robot.
<http://tatok.staff.ugm.ac.id/>. (diakses 22 april 2011)
- [7] anonim, Robot dan Kegunaannya,
<http://ekstrarobotik.tripod.com/id3.html>. (diakses pada tanggal 26 maret 2011)
- [8] Anonim, Robot toyota explorasi bulan,
<http://chip.co.id/articles/news/2010/08/13/robot-toyota-eksplorasi-bulan-2020-77/>. (diakses 26 Februari 2012)
- [9] Anonim, Robot ikan pengawas air sungai yang tercemar,
<http://www.jagatreview.com/2011/09/robot-ikan-pengawas-air-sungai-yang-tercemar/>. (diakses 26 Februari 2012)
- [10] Anonim, Robot penjinak bom,
<http://robot-didox.blogspot.com/2008/12/robot-penjinak-bom.html>. (diakses 26 Februari 2012)
- [11] Anonim, Robot penyelamat pekerja tambang
<http://www.kaskus.us/showthread.php?p=517513719>. (diakses 26 Februari 2012)
- [12] Altamiro Veríssimo, Elder, 2004. Kinematic control of the magellan-isr mobile robot. Penerbit ABCM, Brazil.
- [13] Rivin, Eugene, *Mechanical Design of Robots*. McGraw-Hill Book Company; 1976.
- [14] Andik, Membangun Line Follower Robot.
<http://andyq3lectra.wordpress.com/2009/07/29/membangun-line-follower-robot>. (diakses 27 november 2010)
- [15] anonim, Robotika.
<http://robotika.blog.gunadarma.ac.id/?cat=8>. (diakses 26 maret 2011)
- [16] Pushin Kachroo, 2007. *Mobile Robot*. Department of Electrical and Computer Engineering. Virginia Tech.
<http://www.ee.vt.edu/~pushkin.com>.
- [17] Pakpahan S, *Kontrol Otomatik*. Cetakan Kedua. Jakarta: Erlangga; 1994
- [18] Katsuhiko Ogata, *Teknik Kontrol Automatik* (terjemahan). Jilid 1. Jakarta: Erlangga; 1993.
- [19] Sularso, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta: Pradyna Paramita; 1978.
- [20] Iyang, 2008. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Kumpulan Artikel, Puslitbang Iptekhan Balitbang Dephan, Jakarta
- [21] Sertu Alim Senina Sinamo, 2009. *Mengenal Solar Cell Sebagai Energy Alternatif*, Kumpulan Artikel, Puslitbang Iptekhan Balitbang Dephan, Jakarta.
- [22] Achmad Kusnandar, 2009. *Penerapan Dasar Pembangkit Tenaga Surya*, CV Arfino Raya, Bandung.