

# RANCANG BANGUN KURSI RODA *ELEKTRIK* YANG DAPAT NAIK TURUN TANJAKAN

Mustari<sup>1)</sup>

**Abstrak:** Kursi roda adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan oleh penyakit, cedera, maupun cacat. Beberapa peneliti telah mempergunakan teknologi yang mula-mula dikembangkan untuk mobile robot untuk menciptakan smart *wheelchair* (kursi roda cerdas), yang mengurangi kebutuhan fisik, keterampilan, dan keterampilan yang diperlukan untuk mengoperasikan kursi roda standar. Kursi roda cerdas didisain untuk menyediakan kemudahan bagi pemakainya. Menurut data Susenas (Survey Sosial Ekonomi Nasional) tahun 2000, difabel di Indonesia mencapai 1,46 juta penduduk yaitu sekitar 0,74 % dari total penduduk Indonesia (197 juta jiwa) pada tahun tersebut. Persentase difabel di daerah pedesaan sebesar 0,83 %. Lebih tinggi dibanding dengan persentase di daerah perkotaan sebanyak 0,63 %. Sedangkan menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO) belakangan memprediksikan bahwa satu dari 10 orang Indonesia adalah difabel. dibandingkan hasil Quick survey WHO tahun 1979, yang para peneliti menyimpulkan bahwa difabel di Indonesia mencapai 3,11. Diharapkan bahwa karya teknologi kursi roda elektrik ini dapat mengantisipasi meningkatnya jumlah pasien lanjut usia dan *handicap*. Para peneliti bidang robotika mengklasifikasikan kebidang mobile robot, dimana arobot kursi roda merupakan robot medis yang berfungsi sebagai alat bantu untuk penderita lumpuh dan lanjutusia (lansia). peneliti telah menguji coba beberapa desain kursi roda dari tahun 1967 sampai 1996 dan juga mempelopori pengembangan dan penggunaan kursi roda yang dapat digunakan untuk menaiki/menuruni tangga. *Stair-Climbing power wheelchair* atau kursi roda yang dapat menaiki/menuruni tangga. Para peneliti di NIRE telah membuat kursi roda dengan sistem kontrol komputer yang dapat dikendalikan melalui komputer dan memiliki sistem autopilot serta sensor yang dilengkapi giroskop untuk memonitor keadaan permukaan jalan. Penelitian lainnya mengenai kursi roda yang dilakukan oleh Jauhar Wayunindho, 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. Namun penelitian tentang rancang bangun kursi roda untuk yang dapat berjalan diatas tangga masih sangat sedikit di Indonesia, sehingga penulis memilih judul yang bertemakan kursi roda sebagai *mobile robot*. dibandingkan dengan robot manipulator berkaki serta tersedianya kursi roda yang akan dijadikan sebagai alat eksperiment.

**Kata Kunci:** *wheelchair, mobile robot, Stair-Climbing power.*

## I. PENDAHULUAN

Kursi roda adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan oleh penyakit, cedera, maupun cacat. Ketika beberapa individu

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Manajemen dan Informatika Politeknik Negeri Fakfak

dengan keterbatasan gerakan dapat terbantu dengan kursi roda standar, atau dengan keterbatasan gerakan lainnya mengalami kesulitan atau mustahil untuk dapat mengoperasikan kursi roda standar. 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, keterampilan, dan keterampilan yang diperlukan untuk mengoperasikan kursi roda standar. Kursi roda cerdas didesain untuk menyediakan kemudahan bagi pemakainya, seperti memastikan bepergian tanpa bentrokan/tabrakan, membantu kinerja dari otomatis mengantarkan pemakai kelokasi tertentu.

Menurut data Susenas (Survey Sosial Ekonomi Nasional) tahun 2000, difabel di Indonesia mencapai 1,46 juta penduduk yaitu sekitar 0,74 % dari total penduduk Indonesia (197 juta jiwa) pada tahun tersebut. Persentase difabel di daerah pedesaan sebesar 0,83 %. Lebih tinggi dibanding dengan persentase di daerah perkotaan sebanyak 0,63 %.

Sedangkan menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO) belakangan memprediksikan bahwa satu dari 10 orang Indonesia adalah difabel. Meningkat dibandingkan hasil Quick survey WHO tahun 1979, yang menyimpulkan bahwa difabel di Indonesia mencapai 3,11 persen. Ini jauh lebih tinggi dibandingkan data SUSENAS. Untuk Kota Diharapkan bahwa karya teknologi kursi roda elektrik ini dapat mengantisipasi meningkatnya jumlah pasien lanjut usia dan handicap yang memerlukan bantuan dan perawatan medis. 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). peneliti telah menguji coba beberapa desain kursi roda dari tahun 1967 sampai 1996 dan juga mempelopori pengembangan dan penggunaan kursi roda yang dapat digunakan untuk menaiki/menuruni tangga. Stair-Climbing power wheelchair atau kursi roda yang dapat menaiki/menuruni tangga telah mereka kembangkan selama tiga puluh tahun, akan tetapi pengembang dan pabrikan belum mampu menjual banyak produk ini. Selain itu NIRE juga meneliti sistem navigasi kursi roda demi keselamatan para pengguna. Kebanyakan kursi roda dikendalikan semata-mata oleh pemakai, namun para peneliti di NIRE telah membuat kursi roda dengan sistem kontrol komputer yang dapat dikendalikan melalui komputer dan memiliki sistem autopilot serta sensor yang dilengkapi giroskop untuk memonitor keadaan permukaan jalan. 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 komputer kursi roda, selain itu kondisi battery harus penuh sebelum digunakan, untuk menghindari kursi roda berhenti secara otomatis di tengah jalan atau di luar rumah.

Penelitian lainnya mengenai kursi roda yang dilakukan oleh Jauhar Wayunindho, yaitu menciptakan kursi roda listrik yang dikemudikan 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.

Namun penelitian tentang rancang bangun kursi roda untuk yang dapat berjalan diatas tangga masih sangat sedikit di Indonesia, sehingga penulis memilih judul yang bertemakan kursi roda sebagai mobile robot. Adapun inisiatif penulis memilih judul juga diinspirasi dari ketertarikan dengan aplikasi robot, Negara Indonesia sudah banyak melahirkan anak bangsa mengikuti kejuaraan kompetensi robotik Internasional, khususnya aplikasi dalam bidang mobile robot. Selain dari pada itu mobile robot yang digerakkan dengan mekanisme roda dan motor kontrol DC lebih mudah dibuat dibandingkan dengan robot manipulator berkaki serta tersedianya kursi roda yang akan dijadikan sebagai alat eksperimen.

Namun penulis disini memilih langsung merancang bangun sebuah kursi roda, sekaligus mekanis-mekanis penggeraknya, seperti bangunan bentuk kursi, batang dudukan rel kursi, rangka segi tiga dudukan roda bantu,serta memasang rantai/batang ulir pengantar sebagai mekanisme penggerak *mobile robot* karena inovasi mekanisme inilah yang kami lakukan secara eksperimen selama kurang lebih 7 (tujuh) bulan yaitu dari bulan Juli 2010 sampai Pebruari 2011, adapun hasil rancangan kami, belum jadi secara utuh sampai terbentuk sebuah kursi roda yang bisa kami tampilkan, namun secara struktur mekanismenya sudah mengarah/mencakup: (1) Membuat rangka segitiga sama sisi pada rancang bangun kursi roda elektrik yang dapat berjalan diatas tangga, (2) Membuat dudukan yang ditopang dengan sistim rel batang ulir, (3) Membuat batang poros roda utama, (4) Membuat batang dudukan rantai pengantar/pemutar rangka segitiga sama sisi.

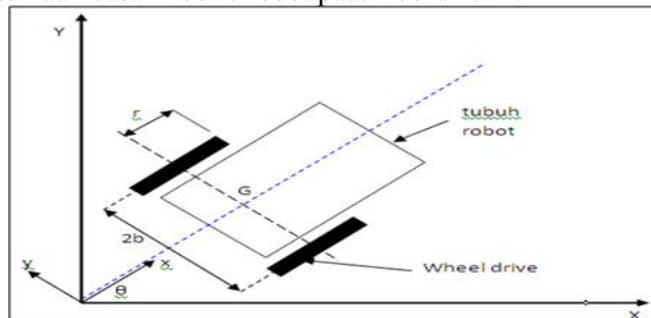
Dalam penentuan jenis material dari rangka kursi roda dalam penelitian ini dipilih stainless steel karena mempunyai nilai artistik yang indah dibandingkan dengan jenis bahan yang lain, serta dalam perancangan/pembuatan ini digunakan dengan sistim pengontrolan motor kontrol

Dengan kemajuan teknologi elektronik yang sangat cepat perkembangannya, sehingga perancangan bangun kursi roda standar yang baik yaitu dengan melengkapi konstruksi desain kursi roda dengan teknologi elektronik.

Dalam penelitian ini dibahas dalam 4 (empat) sistem pergerakan yang diintegrasikan pada kursi roda yang juga dilengkapi dengan sistem kontrol. Algoritma agar supaya tidak akan terjadi bentrokan/tubrukan, membantu kinerja dari tugas *spesifik* pada penggunaanya. Berikut ini menunjukkan hasil rancangan kursi roda: (1) mensimulasikan mikrokontroler pengendali motor DC dengan tombol batang yang dirangkai dengan relay kontrol, (2) Merancang/membuat konstruksi kursi roda elektrik untuk yang dapat naik turun tanjakan, (3) Mendemonstrasikan kursi roda tersebut yang sesuai dengan rancangan kami yang memiliki keunggulan antara lain: maju/mundur atau menghindari halangan, mencapai area tujuan, berkeliling, berhenti, serta naik turun tanjakan.

Berdasarkan pendahuluan diatas maka dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut: dengan kursi: (1) Menentukan data awal, sebagai berikut:  $\theta$ , Sudut kemiringan:  $[0-10]^\circ$ ,  $V$ : Kecepatan rata-rata: 1m/s,  $\theta$ : sudut arah hadap kursi roda dalam *trajectory* terhadap sumbu X:  $0^\circ$ ,  $2b$ : lebar kursi roda yang diukur dari garis tengah roda ke roda: 0.3 m,  $R$ : jari-jari roda (roda kiri dan kanan) : 0.26 m,  $D$ : jarak antara titik tengah 2 roda dengan titik pusat massa: 0.26 m,  $(x,y)$ : koordinat acuan kursi roda terhadap sumbu XY: [1, 1],  $m_c$ : massa robot (kursi roda) (kg): 57 Kg,  $m_w$ : massa roda (kg): 3 Kg,  $I_c$  : adalah inersia momen tubuh robot terhadap sumbu vertikal: 2 Kg.m<sup>2</sup>,  $I_m$ : adalah inersia momen motor: 0.011 Kg.m<sup>2</sup>, L: jarak roda depan dan belakang: 0.40 m,  $m_b$ : massa beban : 60 kg,  $W$  : Daya motor : 23 W, n: Putaran motor : 60 rpm,  $V$ : tegangan motor: 24 Volt,  $m_{tot}$ : massa total: 120 kg,  $Z_1$ : Jumlah Gigi Gir Motor: 50 buah,  $Z_2$ : Jumlah Gigi Gir A<sub>1</sub>: 68 buah,  $Z_3$ : Jumlah Gigi Gir A<sub>2</sub>: 14 buah,  $Z_4$ : Jumlah Gigi Gir B: 60 buah,  $r_2$ : Jari-Jari Roda Gigi B: 0.056 m,  $r_3$  : Jari-Jari Roda Gigi A<sub>2</sub>: 0.015 m,  $r_4$ : Jari-Jari Roda Gigi A<sub>1</sub>: 0.0287 m,  $r_5$ : Jari-Jari Roda Gigi Motor: 0.22 m,  $m_{12}$ : Modul Roda Gigi Motor dan A<sub>1</sub>: 1 buah,  $m_{34}$ : Modul Roda Gigi A<sub>2</sub> dan B: 2 buah (2) Merumuskan peramaan-persamaan yang digunakan dalam sebuah robot kursi roda elektrik, (3) Merumuskan simulasi pergerakan dari sistim mekanisme tersebut, (4) Merancang bangun kursi roda elektrik yang dapat naik turun tanjakan dengan sistim mikrokontroler Motor DC.

Berikut ini persamaan dasar *mobile robot* pada koordinat x:



Gambar 1. *Mobile Robot* pada koordinat X Sumber: Pusckhin Kachroo (2001)

Keterangan:  $\theta$  = sudut arah hadap *mobile robot*,  $2b$ = jarak antara roda  $r$ = jari-jari roda penggerak,  $(x,y)$ = koordinat acuan di tubuh kursi roda terhadap sumbu XY.

Gerakan *mobile robot* diasumsikan bergerak dalam kawasan sumbu XY saja, tanpa memperhatikan medan yang tidak rata seperti jalan yang naik turun, yang dapat menjadi unsur sumbu Z. Persamaan umum *mobile robot* sistem *nonholonomic* menurut aturan Euler-Lagrange adalah.(Bonita Sawatzky, 2002):

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = B(q)\tau + J^T(q)\lambda \quad (1)$$

dimana :  $q$  adalah sistem koordinat umum robot,  $M(q)$  adalah matriks simetris  $n \times n$ ,  $C(q, \dot{q})$  adalah matriks yang terkait dengan efek coriolis dan sentrifugal,  $G(q)$  adalah

vektor gaya gravitasi,  $B(q)$  adalah  $n \times r$  dimensi matriks pemetaan ruang aktuator terhadap koordinat ruang keseluruhan,  $\tau$  adalah  $r$ -dimensi vektor dari gaya/torsi aktuator,  $\lambda$  adalah faktor pengali dari Lagrange.

Dengan vektor posisi, kecepatan dan percepatan *mobile robot* didefinisikan sebagai berikut:

$$q = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}; \dot{q} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \text{ dan } \ddot{q} = \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Menurut Hukum Newton II, hubungan massa, percepatan dan gaya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = m \cdot a \quad (3)$$

dimana:  $F$  = gaya [ kgm/s<sup>2</sup> ],  $m$  = massa [ kg ],  $a$  = percepatan [ m/s<sup>2</sup> ]

Sedangkan keseimbangan rotasi dari Hukum Newton II, dapat dituliskan:

$$\tau = I \cdot \alpha \quad (4)$$

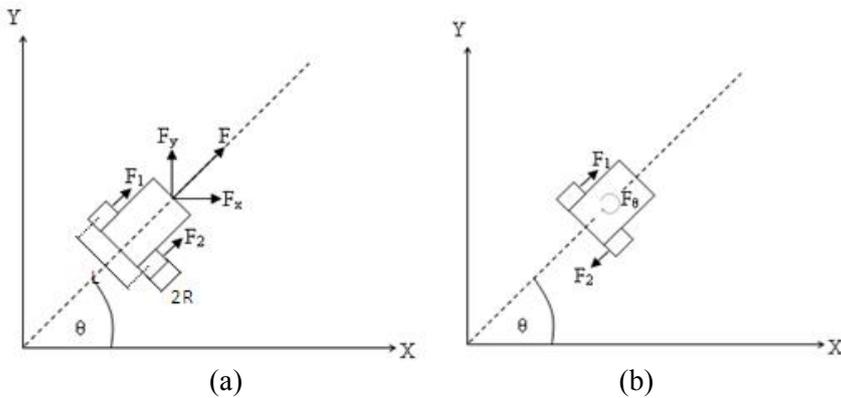
dimana:  $\tau$  = torsi mobile robot [ kgm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> ],  $I$  = Inersia mobile robot [ kg.m<sup>2</sup> ],  $\alpha$  = percepatan sudut [ rad/s ]

Dari persamaan [1.3] dan [1.4] dapat dituliskan:

$$F_{(x)} = m \cdot a_x, F_{(y)} = m \cdot a_y, \tau_{(\theta)} = I \cdot \ddot{\theta} \quad (5)$$

maka dapat dituliskan matriks dari  $M(q)\ddot{q}$  yaitu:

$$M(q)\ddot{q} = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} \quad (6)$$



Gambar 2. Gaya yang terjadi pada *mobile robot* a. gerak linear; b. gerak rotasi; Sumber: Pusekhin Kachroo (2001)

Dari gambar [2] dapat diperoleh:

$$F = F_1 + F_2 \quad (7)$$

$$F_x = F \cdot \cos \theta, F_y = F \cdot \sin \theta$$

$$\text{dimana: } F_1 = \frac{\tau_1}{R} \text{ dan } F_2 = \frac{\tau_2}{R} \tag{8}$$

Dengan memperhatikan persamaan [7] dan [8] dapat diperoleh:

$$F_x = (F_1 + F_2) \cos \theta = \left( \frac{\tau_1}{R} + \frac{\tau_2}{R} \right) \cos \theta = \frac{(\tau_1 + \tau_2) \cos \theta}{R} \tag{9}$$

$$F_y = (F_1 + F_2) \sin \theta = \left( \frac{\tau_1}{R} + \frac{\tau_2}{R} \right) \sin \theta = \frac{(\tau_1 + \tau_2) \sin \theta}{R} \tag{10}$$

Sedangkan  $F_{(\theta)}$  dapat diperoleh dengan memperhatikan gambar [3] yaitu:

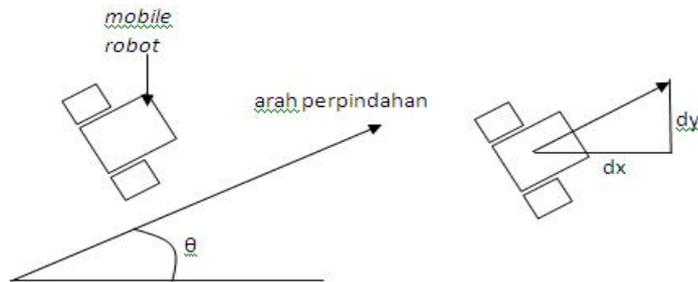
$$F_{(\theta)} = F_1 - F_2 \tag{11}$$

$$\text{dimana: } F_1 = \frac{\tau_1}{R} \text{ dan } F_2 = \frac{\tau_2}{R} \tag{12}$$

$$\text{sehingga: } F_{(\theta)} = \frac{\tau_1}{R} - \frac{\tau_2}{R} = (\tau_1 - \tau_2) \cdot \frac{1}{R} \tag{13}$$

Jika persamaan [9], [10] dan [13] ditransformasikan ke dalam bentuk matriks maka didapat:

$$B(q)\tau = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos \theta \\ \sin \theta & \sin \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix} \tag{14}$$



Gambar 3. Perpindahan mobile robot; Sumber: Pusckhin Kachroo [200])

Dari gambar [1.3] dapat diperoleh persamaan nonholonomic sebagai berikut:

$$\frac{dy}{dx} = \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}, \frac{dy}{dx} = \frac{\dot{y}}{\dot{x}}, \frac{\dot{y}}{\dot{x}} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

maka,  $\dot{x} \sin \theta - \dot{y} \cos \theta = 0$  (15)

Jika persamaan [1.15] ditransformasikan ke dalam bentuk matriks akan didapatkan

$$\begin{bmatrix} \sin \theta & -\cos \theta & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = 0 \quad (16)$$

Dan karakteristik *nonholonomic constraint* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$J(q)\dot{q} = 0 \quad (17)$$

dimana :

$$J^T(q) = \begin{bmatrix} \sin \theta \\ -\cos \theta \\ 0 \end{bmatrix} \quad (18)$$

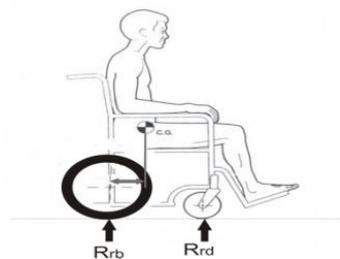
## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan pebruari sampai juni 2010 di Laboratorium Kontrol dan Robotika Jurusan Mesin pada Fakultas Teknik Jurusan Universitas Hasanuddin. Dan Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini: Satu set computer Pentium 4 untuk pengolahan data, Satu unit Kursi Roda, Servo Motor posisi sebagai penggerak roda gigi, Mikrokontroler sebagai pengontrol penggerak robot, Software Matlab 7.0 untuk mengakses perhitungan putaran roda gigi, Kabel sebagai penghubung arus listrik, Solder untuk mencairkan timah, Timah untuk perekat komponen, Bearing untuk mengurangi gaya gesek akibat putaran sudut roda gigi, Baut dan mur untuk penyambung komponen-komponen dari robot, Tang untuk sebagai alat bantu, Mesin bor untuk sebagai pelubang material komponen-komponen robot kursi roda, Obeng untuk sebagai pengencang baut dan mur, Mesin gerinda tangan untuk sebagai penghalus dari permukaan material robot kursi roda.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perhitungan Kinematika Pada Massa *Mobile Robot Kursi Roda Elektrik*



Gambar 4. Distribusi massa kursi roda

Dari gambar dapat diperoleh massa pada roda belakang dan depan:

➤ Untuk roda depan

$$R_{rd} = \frac{1}{2} \left( \frac{m \cdot (d)}{L} \right) = \frac{1}{2} \left( \frac{120 \cdot 0.26}{0.40} \right) = 39 \text{ kg}$$

➤ Untuk roda belakang

$$R_{rb} = \frac{1}{2} (m - 2R_{rd}) = \frac{1}{2} (120 - 2 \cdot 39) = 21 \text{ kg}$$

a. Torsi

$$\tau = \begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_w \cdot R^2 & 0 \\ 0 & m_w \cdot R^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\omega}_1 \\ \dot{\omega}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.55 & 0 \\ 0 & 0.55 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5.38 \\ 5.38 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix} \text{ B. Inersia total}$$

$$I = m_c d^2 + 2m_w b^2 + I_c + 2I_m = 60 \cdot 0.26^2 + 2 \cdot 3 \cdot 0.15^2 + 2 + 2 \cdot 0.011 = 6,148 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

b. Gaya Mobile Robot

$$F_l = \frac{1}{R} (\tau_1 + \tau_2) = \frac{1}{0.26} (3 + 3) = 23 \text{ kgm} / \text{s}^2$$

$$\tau_a = \frac{2b}{R} (\tau_1 - \tau_2) = \frac{0.3}{0.26} (3 - 3) = 0$$

$$\dot{v} = \frac{F_l}{m} = \frac{23}{65,022} = 0,4 \text{ m} / \text{s}^2 \quad \dot{w} = \frac{\tau_a}{I} = \frac{0}{6,148} = 0$$

$$\ddot{q} = \dot{g}(q) \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} + g(q) \begin{bmatrix} \dot{v} \\ \dot{w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta \cdot \dot{\theta} & 0 \\ \cos \theta \cdot \dot{\theta} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{v} \\ \dot{w} \end{bmatrix}$$

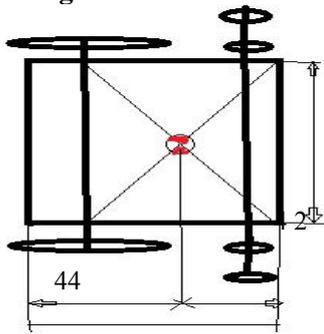
$$\ddot{q} = \begin{bmatrix} -\sin 0 \cdot 0 & 0 \\ \cos 0 \cdot 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1,68 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos 0 & 0 \\ \sin 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,4 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

c. Feedback Signal ( $\int \int \ddot{q}$ )

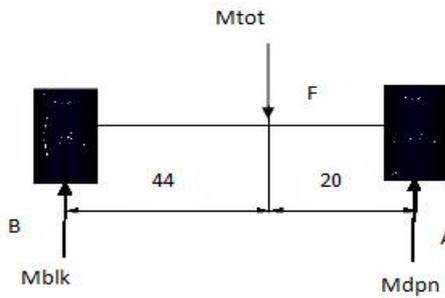
$$q_{act} = \dot{q} \cdot \Delta t_m$$

$$\begin{aligned} \dot{q} &= \ddot{q} \cdot \Delta t_m \\ &= \begin{bmatrix} 0,4 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot 1,2 \\ &= \begin{bmatrix} 0,48 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0,48 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

**B. Perhitungan Statika Pada Titik Berat Kursi Roda Elektrik**

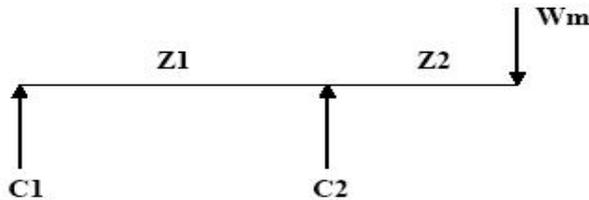


Gambar 5. Analisa struktur



Gambar 6. Analisa momen gaya

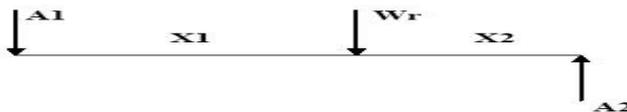
- a. Beban Kursi Roda didistribusikan ke Sisi Kanan dan Kiri Rangka Bagian C1 – C2



Gambar 7. DBB bagian C1 – C2

$$\begin{aligned} \sum F_{C1} = 0 &\Rightarrow W_m \cdot (Z_1 + Z_2) - C_2 \cdot Z_1 = 0 \\ 60 \cdot (44 + 20) - C_2 \cdot 44 &= 0 \Rightarrow C_2 = ..87....kg \\ \sum M_{C2} = 0 &\Rightarrow W_m \cdot Z_2 + C_1 \cdot Z_1 = 0 \\ 60 \cdot 20 + C_1 \cdot 44 &= 0 \Rightarrow C_1 = ..27,3....kg \end{aligned}$$

- b. Beban Kursi Roda dan didistribusikan pemakaian ke Sebelah Kanan dan Kiri Rangka Bagian A1 – A2

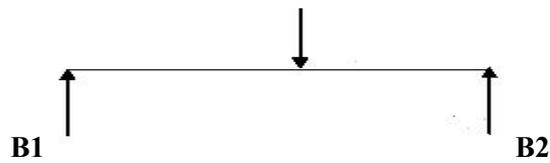


Gambar 8. DBB bagian A1 – A2

$$\begin{aligned} \sum F_{A1} = 0 &\Rightarrow W_r \cdot X_1 - A_2 \cdot (X_1 + X_2) = 0 \Rightarrow 120 \cdot 44 - A_2 \cdot (44 + 20) = 0 \\ A_2 &= ..82,5....kg \\ \sum M_{A2} = 0 &\Rightarrow A_1 \cdot (X_1 + X_2) - W_r \cdot X_2 = 0 \\ A_1 \cdot (44 + 20) - 120 \cdot X_2 &= 0 \Rightarrow A_1 = ..37,5.....kg \end{aligned}$$

- c. Beban Pemakai didistribusikan ke Samping Kanan dan Kiri Rangka Bagian B1 – B2 , beban pemakai  $W_p = 60$  kg

F



Gambar 9. DBB bagian B1 – B2

$$\Sigma F B1 = 0 \Rightarrow 60 \cdot 21 - B2 \cdot 42 = 0$$

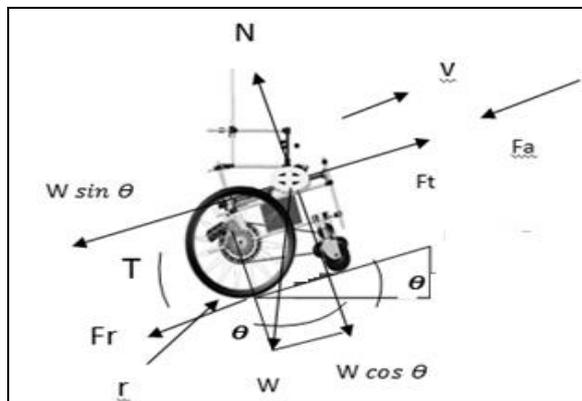
$$B2 = 30 \text{ kg}, B1 = B2 = 30 \text{ kg}, \text{ karena jarak tumpuan sama}$$

Dimensi Kursi Roda: Berat Kursi roda kosong = 57 kg, Berat pengemudi = 60 kg

Pada pengukuran / penimbangan Kursi roda yang telah jadi dengan berat pengemudinya, adalah sebagai berikut :

Massa total [m]: 120 [kg], Massa depan [m<sub>dpn</sub>] : 87 [kg], Massa belakang [m<sub>blk</sub>] : 82,5 [kg], Massa bagian kiri [mdki] : 37,5 [kg], Massa bagian kanan [mbka] : 27,3 [kg]

### C. Perhitungan Statika Keseimbangan Pada Lintasan Miring Kursi Roda Elektrik



Gambar 10. Perhitungan keseimbangan momen kursi roda pada saat naik tangga

Dimana: N = Gaya normal [ kgm/s<sup>2</sup> ], Fr = Gaya gesek [kgm/s<sup>2</sup>], Fa= Gaya hambat aerodinamika [kgm/s<sup>2</sup>], Ft= Gaya dorong [ kgm/s<sup>2</sup> ], W = Gaya berat [ kgm/s<sup>2</sup> ], m = Massa kursi roda [ massa kursi roda dan pemakai ], [120 kg], g = Percepatan gravitasi, [9.81 m/s<sup>2</sup>]= Sudut kemiringan, [0-10] °, crr= Koefisien rolling resistance, [0,014], r= Jari –jari kursi roda, [26 cm], a<sub>x</sub> = Percepatan, [0,2 m/s<sup>2</sup>], V<sub>av</sub> = Kecepatan rata – rata, [1m/s]

1. Perhitungan berat kursi roda

$$N = m \times g = 120 \times 9,81 = 1177,2 \text{ kgm/s}^2$$

2. Perhitungan gaya –gaya reaksi

$$f_x = N \cdot \cos \Theta = 1177,2 \times \cos 10^0 = 1159,3 \text{ kgm/s}^2$$

$$f_y = N \cdot \sin \Theta = 1177,2 \times \sin 10^0 = 204,4 \text{ kgm/s}^2$$

$$\text{Pada gaya gesek } f_r = crr \cdot f_x = 0,014 \times 1159,3 \text{ kgm/s}^2 = 16,23 \text{ kgm/s}^2$$

3. Kestimbangan gaya –gaya Kursi Roda

$$\sum F_x = F_t - F_r - F_a - W_x = 0,$$

Dengan mengabaikan gaya hambat (  $F_a = 0$  ), maka;

$$F_{tmin} = f_r + f_y = 16,23 \text{ kgm/s}^2 + 204,4 \text{ kgm/s}^2 \Rightarrow F_{tmin} = 220,6 \text{ kgm/s}^2$$

Sehingga  $\sum F_x = m \times a = F_t - F_r - W_x$

$$F_t = f_r + F_{tmin} = 16,23 \text{ kgm/s}^2 + 220,6 \text{ kgm/s}^2 = 236,8 \text{ kgm/s}^2$$

Jadi gaya dorong yang dibutuhkan adalah 626,9 N

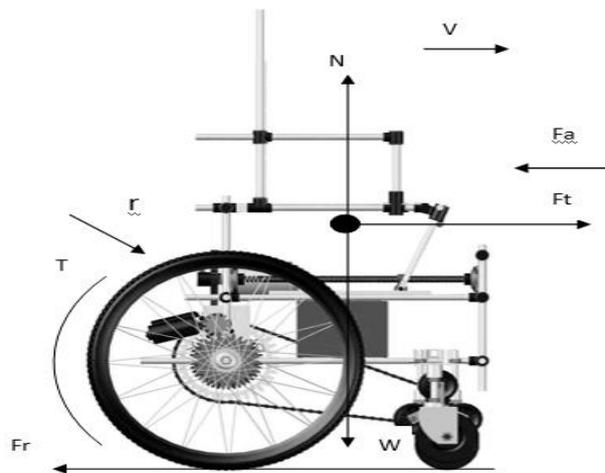
4. Perhitungan torsi

$$T = F_t \times R = 236,8 \times 0,26 = 61,6 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$$

5. Menghitung putaran roda ( n ):

$$H_f = \frac{v}{\pi d} \Rightarrow H_f = \frac{60}{3,14 \cdot 0,52} \Rightarrow H_f = 36,6 \text{ rpm}$$

**D. Perhitungan Statika Kestimbangan Pada Lintasan Datar Kursi Roda Elektrik**



Gambar 11. Perhitungan Kursi Roda pada posisi mendatar

1. Untuk Perhitungan berat kursi roda

$$W = m \times g = 120 \times 9,81 \Rightarrow W = 1177,2 \text{ kgm/s}^2$$

$$N_{W_y} = N = W = 1177,2 \text{ kgm/s}^2$$

$$N_{F_r} = c_r = 0,014 \times 1177,2 \text{ kgm/s}^2 \Rightarrow N_{F_r} = 16,5 \text{ kgm/s}^2$$

2. Kestimbangan gaya –gaya

$$\sum F_x = F_t - F_r - F_a = 0, ( F_a = 0 ) \Rightarrow \text{maka ; } F_{tmin} = F_r = 16,5 \text{ kgm/s}^2$$

$$\text{Sehingga ; } \sum F_x = m \cdot a = F_t - F_r, F_t = m \cdot a + F_r = 24 + 16,5 = 40,5 \text{ kgm/s}^2$$

$$\text{- Untuk perhitungan torsi } \Rightarrow T = F_t \times R = 40,5 \times 0,26 = 10,53 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$$

$$\text{- Perhitungan daya } \Rightarrow H_p = \frac{T \cdot n}{5252} = \frac{10,53 \cdot 36,6}{5252} = 0,073 \text{ kW}$$

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan kinematika dan dinamis, baik secara *Eksperimental* maupun secara *numerik*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol yang digunakan merupakan sistem kontrol otomatis, dimana kedua roda penggerak dikontrol secara terpisah melalui manual *stick* analog kontrol.
2. Untuk menyediakan kemudahan, dan memastikan bepergian tanpa.
3. bentrokan/tubrukan, mengantarkan pemakainya sampai ketujuan.
4. Untuk mendapatkan kecepatan ideal dilakukan pemilihan pasangan ukuran roda gigi yang sesuai yang banyak terdapat di pasaran.
5. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, itu tergantung pada pemilihan jenis motor penggerak yang kuat dan dinamis.

##### B. Saran

Pada *eksperimen* yang dilakukan gerak dari *mobile robot* belum akurat, karena belum mempunyai sensor yang dapat meredam *error* dari tiap motor yang digunakan, sehingga dalam perancangan selanjutnya untuk kursi roda elektrik yang dapat naik turun tanjakan ini agar dilengkapi sensor untuk meredam error dari tiap motor, dan pemilihan motor penggerak yang torsi nya lebih kuat, sehingga mampu menanjak. Untuk pengembangan selanjutnya sebaiknya kursi roda *elektrik* yang dapat naik turun tanjakan ini menggunakan sumber arus yang lebih besar, sehingga mempunyai daya yang kuat.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- A. Gholipour, S.M. Dehghan, M. Nili Ahmadabadi, 2002. *Dynamic Tracking Control of Nonholonomic Mobile Robot with Model Reference Adaptation for Uncertain Parameters*. University of Tehran. [www.ut.ac.ir](http://www.ut.ac.ir).
- Anonim, 2003. *Power Wheelchairs and User Safety*, The National Institute for Rehabilitation Engineering. [www.warwick.com](http://www.warwick.com).
- Anonim, 2006. *Pertambahan Jumlah Lanjut Usia Indonesia Terpesat di Dunia*. Kompas. <http://www.kompas.com/health/news/0203/26/011528.htm>.
- Anonim, 2008. *Mahasiswa ITS Ciptakan Kursi Roda Bersensor Retina Mata*. <http://www.kapanlagi.com/h/0000219728.html>.
- Bonita Sawatzky, 2002. *Wheeling in the New Millennium: The history of the wheelchair and the driving forces in wheelchair design today*. Department of

*Rehabilitation Science and Technology*. <http://www.wheelchairnet.org/index.html>.

- Charles L. Philips, Royce D. Harbor, R. J. Widodo, 1998. *Sistem Kontrol* (Terjemahan). Prenhallindo, Jakarta.
- Endra Pitowarno, 2006. *Robotika, Disain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan*. ANDI, Yogyakarta.
- Harahap, B., Negoro. 2004. *Ensiklopedia Matematika*. Erlangga, Jakarta.
- Kiyokatsu Suga, Sularso, 1991. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Katsuhiko Ogata, Edi Lesono, 1993. *Teknik Kontrol Automatik* [terjemahan]. Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- M abd M, 2008. *Jumlah Lanjut Usia di Indonesia*. Depsos RI.  
<http://www.depsos.go.id/modules.php>
- Pakpahan S, 1994. *Kontrol Otomatik*. Cetakan Kedua. Erlangga, Jakarta.
- Pushin Kachroo, 2007. *Mobile Robot*. Department of Electrical and Computer Engineering. Virginia Tech. <http://www.ee.vt.edu/~pushkin.com>.
- McGraw-Hill, 1986, *Eugene and Theodore Baumeister III*. New York:
- Robert L. Mott, *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis*