

# PENGEMBANGAN ALAT TRANSPORTASI MODERN BERBIAYA MURAH, RAMAH LINGKUNGAN, MUDAH DIBANGUN DAN SARAT KOMPONEN LOKAL

Oleh: Petrus Sutyasadi, Dian Artanto, Y.B. Lukiyanto

## ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat alat transportasi berkapasitas satu orang, yang praktis, hemat tempat, menggunakan komponen lokal agar biaya pembuatan menjadi murah dan mudah dibangun, serta ramah lingkungan karena bertenaga baterai. Selain itu, jenis alat transportasi ini juga unik karena mempunyai dua roda yang dipasang berdampingan kanan dan kiri namun tetap bisa berdiri tegak meskipun sedang dikendarai. Kelebihan dari desain ini adalah pada kemampuan manuvernya yang tinggi.

Metodologi dalam penelitian ini dimulai dari penelusuran sumber-sumber informasi penelitian maupun inovasi sejenis. Setelah itu dilanjutkan dengan penelitian dan ujicoba atas sistem sensor, sistem penggerak, teknik kendali, dan desain mekanik. Selanjutnya akan dilakukan pengujian operasional di masyarakat supaya diperoleh data yang lebih lengkap untuk penyempurnaan sistem. Kemudian untuk keberlanjutannya akan dilakukan studi sosial atas jenis alat transportasi ini terkait dengan penerimaan oleh masyarakat dan kelayakan penggunaan di lingkungan setempat.

Pada akhir penelitian diharapkan dapat dibuat sebuah desain dan prototipe dari alat transportasi yang mempunyai keunggulan-keunggulan tersebut di atas dan siap diterima oleh masyarakat. Desain dan prototipe ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam melakukan produksi maupun penelitian lanjutan atas alat transportasi sejenis.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan berkembangnya jumlah penduduk di kota, kebutuhan alat transportasi yang memadai perlu dipikirkan. Alat transportasi saat ini masih didominasi oleh kendaraan pribadi, sedangkan sarana transportasi massal semisal kereta api, bus, dan lain-lain belum bisa memenuhi kebutuhan. Kendaraan pribadi seperti mobil dengan kapasitas lebih dari satu orang dalam prakteknya masih hanya terisi oleh satu orang saja. Hal ini akan menjadi masalah terkait dengan keterbatasan sarana dan infrastruktur transportasi. Sebagai solusi dari permasalahan ini mulai dipikirkan ide untuk mendesain sarana transportasi mandiri yang berkapasitas satu orang.

Kendaraan mandiri saat ini seperti sepeda motor dengan bahan bakar bensin memang sudah ada, namun demikian kendaraan jenis ini tidak ramah lingkungan karena dapat menimbulkan polusi dan kebisingan. Di samping itu, energi berbahan bakar bensin bukan merupakan energi terbarukan. Sekalipun sepeda listrik sudah banyak di pasaran, namun sepeda listrik ini masih mempunyai keterbatasan pada ukurannya yang relatif masih besar dan tingkat fleksibilitas yang kurang. Penggunaan sepeda listrik pada area tertentu seperti daerah perkantoran, rumah sakit atau industri, dan ruang sempit tidak bisa dilakukan karena ukuran yang masih terlalu besar dengan kemampuan manuver yang terbatas. Untuk itu diperlukan desain alat transportasi yang baru yang ramah

lingkungan dan dapat dikendarai di daerah tersebut di atas.

### 1.2 Rumusan Masalah

Untuk lingkungan terbatas seperti lorong rumah sakit, gedung perkantoran, factory plant memerlukan sarana transportasi yang berukuran tidak terlalu besar, fleksibel, dan daya manuvernya tinggi. Penggunaan kendaraan seukuran sepeda tidak memungkinkan karena dimensinya yang panjang dan besar. Untuk itu perlu didesain sebuah kendaraan transportasi mandiri yang ringkas dan mempunyai daya maneuver yang baik untuk masuk sampai ke ruangan-ruangan perkantoran jika diperperluan.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini akan diusulkan solusi untuk mengatasi masalah-masalah di atas dengan mengembangkan sebuah alat transportasi berkapasitas satu orang yang praktis, ramah lingkungan, yang mampu bergerak secara fleksibel dan memiliki tingkat manuver yang tinggi seperti berbelok 90 derajat maupun berputar 360 derajat di satu titik. Dikarenakan penggunaan area yang tidak terlalu berbeda dengan area orang berdiri, dan kemampuan manuvernya yang baik, maka dikatakan blancing platform ini merupakan platform robotic yang paling sesuai dengan lingkungan manusia saat ini (kawamura 2006). Alat ini juga didesain supaya biaya pembuatannya murah dan dapat dirakit menggunakan komponen-komponen lokal.

Secara teknis, penelitian ini akan membuat sebuah alat transportasi berbentuk skuter beroda dua yang tersusun secara aksial dalam satu poros, yang dapat menyeimbangkan diri secara

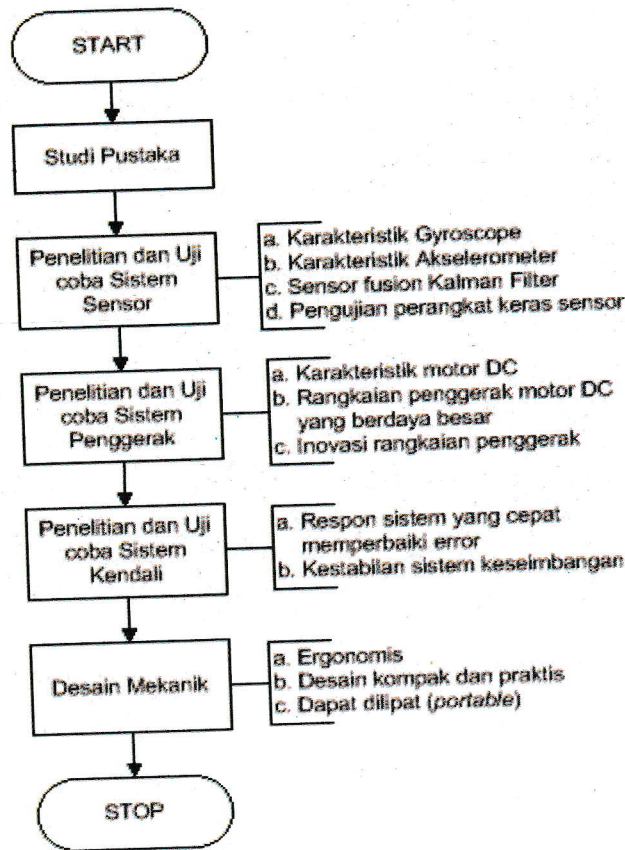
otomatis. Sebuah sistem kontrol tertentu akan dikembangkan untuk menjaga keseimbangan skuter agar tetap bertahan pada posisi tegak. Selain itu, skuter harus mampu bergerak maju dan mundur serta melakukan manuver seperti berputar dalam ruang yang sempit dan bahkan membuat putaran di satu titik (Sutyasadi 2008).

### 1.4 Manfaat

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan muncul beberapa fakta ilmiah menyangkut pembuatan desain dan prototype dari tipe kendaraan ini. Fakta-fakta yang merupakan hasil dari penelitian tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lanjutan dalam mengembangkan prototype kendaraan ini. Manfaat langsung yang diperoleh dari tahapan penelitian ini adalah prototype kendaraan yang sudah siap untuk diuji awal sebagai sarana transportasi yang sudah bisa dikendarai. Selanjutnya berdasarkan target luaran-luaran lain dari penelitian ini adalah adaptasi buku ajar yang didapat dari pengalaman kongkrit selama proses penelitian, blue print dari prototype kendaraan ini.

## II. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini dimulai dari penelusuran sumber-sumber informasi penelitian maupun inovasi sejenis. Setelah itu dilanjutkan dengan penelitian dan ujicoba atas sistem sensor, sistem penggerak, sistem kendali, dan desain mekanik. Secara detail metodologi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi

Sesuai dengan bagan alir di atas, penelitian dimulai dari studi literatur penelitian yang sejenis. Dari sumber-sumber tersebut didapatkan *state of the art* dari topik ini. Penelitian selanjutnya adalah mengenai sistem sensor kendaraan. Untuk menghasilkan kendaraan yang bisa menyeimbangkan sendiri diperlukan penggabungan 2 buah sensor, yaitu sensor giroskop dan akselerometer. Penggabungan ini tidak dapat dilakukan secara langsung, melainkan perlu mengikuti kaidah Kalman Filter yang akan memprediksi nilai keluaran sensor yang paling baik dan dapat dipercaya (Blackwell 2006). Untuk itu perlu diadakan penelitian mengenai

penggabungan kedua sensor ini, yang lebih dikenal dengan nama Sensor Fusion.

Selain sistem sensor, bagian yang tidak kalah penting adalah sistem penggerak motor dc atau lebih dikenal dengan nama motor driver. Mengingat dalam sistem ini diperlukan daya yang cukup besar karena selain harus menjaga keseimbangan, sistem juga harus membawa manusia di atasnya. Dalam penelitian ini akan dicobakan rangkaian penggerak yang ada di pasaran dan juga rangkaian penggerak yang akan diteliti dan didesain sendiri menggunakan komponen yang ada di pasaran.

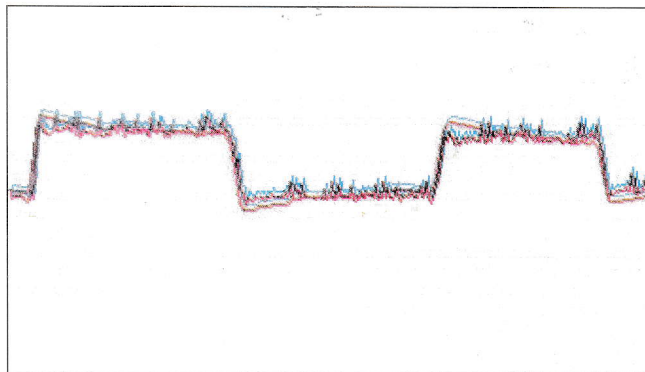
Setelah sistem sensor dan penggerak siap, akan dilanjutkan dengan riset bagian pengendalinya. Bagian ini terdiri atas dua hal yaitu bagian algoritma program serta rangkaian elektroniknya. Disini akan diujicobakan beberapa model pengendalian supaya diperoleh algoritma yang paling sesuai untuk memberikan performa yang terbaik dan mampu mengatasi gangguan sistem dinamik pada sistem.

Setelah secara teknis sistem sudah dapat bekerja dengan baik, yaitu dapat berdiri untuk menyeimbangkan diri serta bergerak sesuai dengan perintah yang diperlukan, maka alat transportasi ini perlu disempurnakan dari sisi desainnya. Dari sini akan dilakukan riset mengenai desain mekanik yang portable, yang memungkinkan alat transportasi ini bisa dilipat dan mudah disimpan atau dipindahkan. Hal ini belum pernah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya

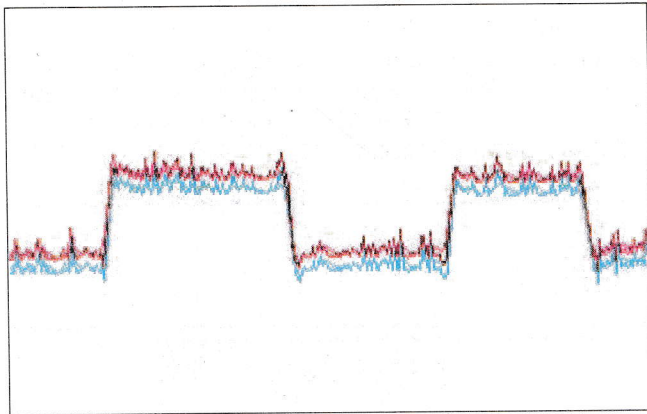
dan berpotensi untuk diajukan paten atas desain tersebut.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

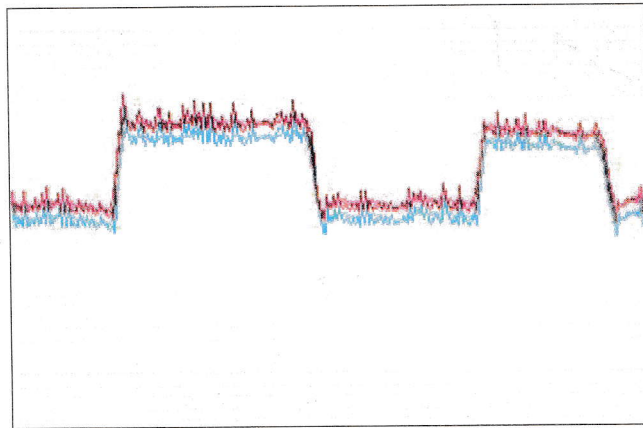
Sesuai dengan metodologi, penelitian dimulai dengan meneliti penggabungan antara sensor akselerometer dengan giroskop. Penggabungan ini dimaksudkan untuk memperoleh performa sensor yang tahan terhadap gangguan. Menggunakan metode Kalman Fusion Sensor kedua sensor ini digabungkan untuk mendapatkan kinerja terbaik dari masing-masing sensor dan mengatasi kelemahan tiap sensornya (Clark et al. 2005)). Hasil perbandingan dari performa akselerometer dan penggabungan Kalman dengan beberapa variasi dari hasil percobaan variasi nilai matrik Q diperlihatkan dalam gambar 2 sampai dengan gambar 6.  $Q_a$  merupakan kovarian matrik accelerometer, dan  $Q_g$  merupakan kovarian matrik gyroscope



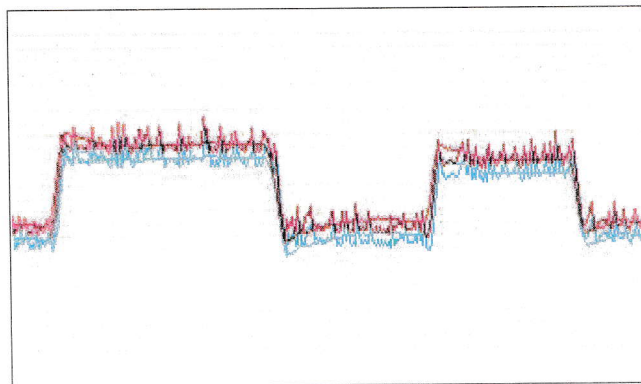
Gambar 3. Dengan  $Q_a = 0.00001$  dan  $Q_g = 0.001$



Gambar 4. Dengan  $Q_a = 0.3$  dan  $Q_g = 0.1$



Gambar 5. Dengan  $Q_a = 0.1$  dan  $Q_g = 0.3$

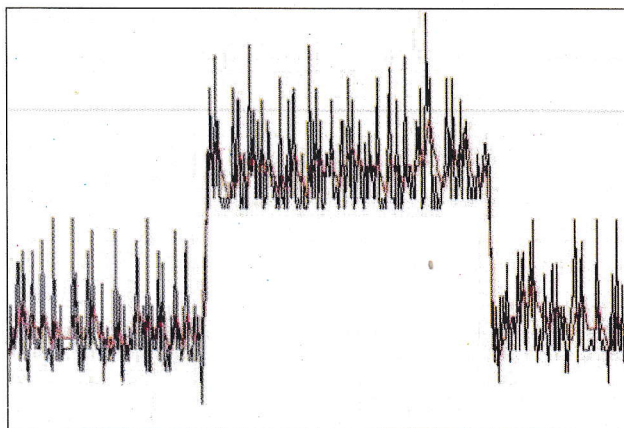


Gambar 6. Dengan  $Q_a = 0.001$  dan  $Q_g = 0.003$

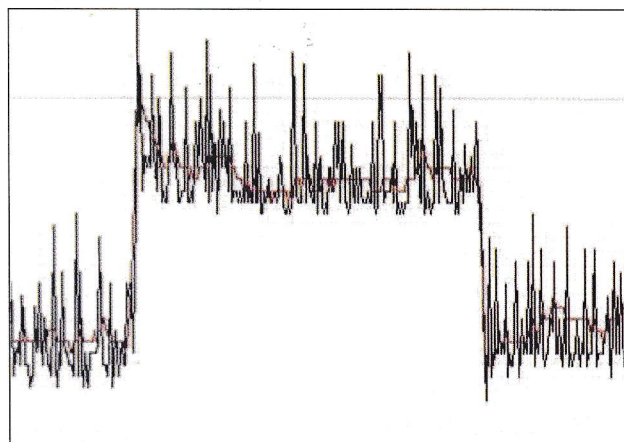
Selain dari variabel kovarian matrik - matrik kovarian derau pengukuran yang akselerometer dan giroskop ada pula juga akan mempengaruhi hasil dari proses

penggabungan Kalman. Jika tidak didapatkan matrik kovarian derau pengukuran yang optimal maka hasil dari penggabungan Kalman akan tetap memiliki banyak derau atau sebaliknya aman terhadap derau tetapi respon

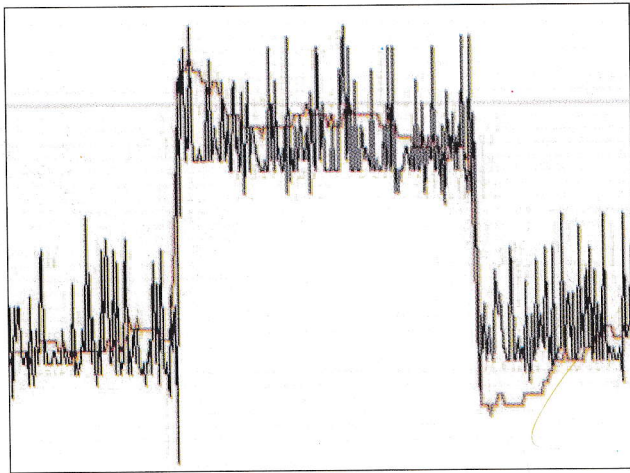
sistemnya sangat lambat (Hudson 2006). Untuk itu hasil dari beberapa percobaan untuk memperoleh matrik kovarian derau pengukuran ditampilkan dalam gambar 7 hingga gambar 9 berikut:



Gambar 7. Dengan  $R = 0.003$



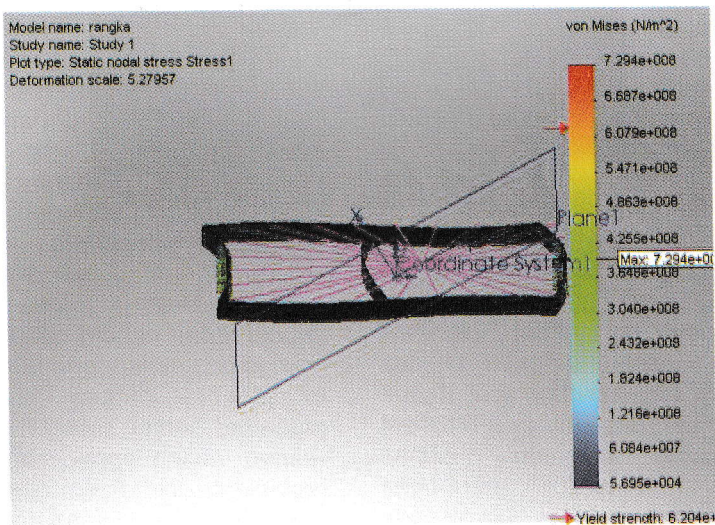
Gambar 8. Dengan  $R = 0.3$



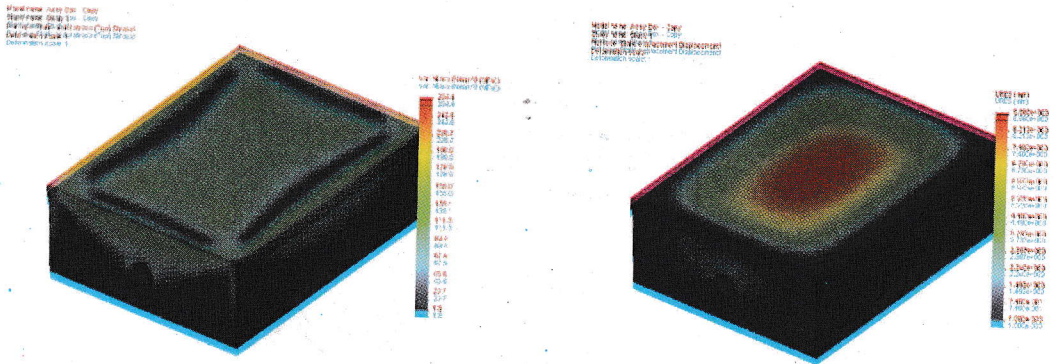
Gambar 9. Dengan R = 30

Pada analisa mekanik telah dilakukan pengujian secara percobaan dan simulasi elemen hingga menggunakan perangkat lunak Solid work. Dua tipe rangka mekanik diuji dengan beban seberat 150 Kg dengan asumsi beban hentakan maksimum dari

berat manusia sebesar 70 Kg. Dari pengujian secara langsung dalam waktu yang tidak telama, rangka mekanik terlihat dapat menahan beban penumpang. Sedangkan dalam simulasi ditampilkan hasil sebagai berikut:

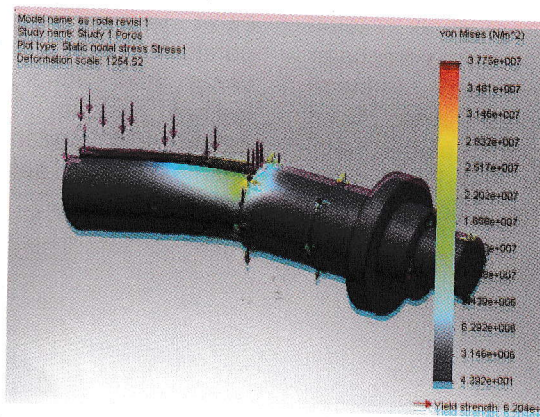


Gambar 10. Hasil analisa kekuatan rangka besi



Stress Displacement

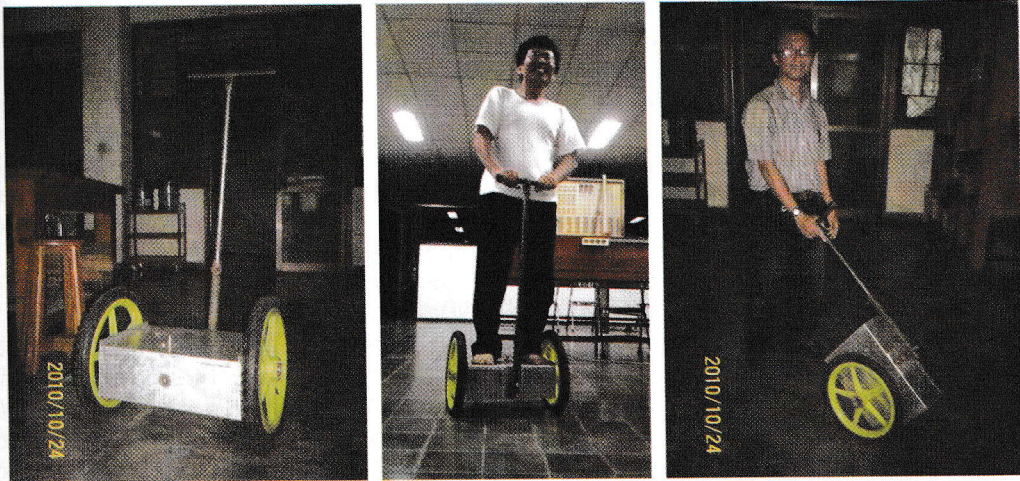
Gambar 11. Hasil analisa kekuatan boks aluminium



Gambar 12. Hasil Analisa Kekuatan Poros Roda



Berikut merupakan gambar-gambar dari prototipe alat transportasi yang berhasil dibuat



Gambar 13. Alat transportasi mandiri dua roda

## IV. KESIMPULAN

### 4.1 Kesimpulan

Kendaraan pribadi ini diyakini cocok untuk digunakan sebagai alat transportasi terbatas seperti di kawasan industri, perkantoran, rumah sakit, tempat wisata dan tempat-tempat lain yang secara geografis cukup luas untuk ditempuh dengan berjalan kaki tetapi tidak terganggu dengan laju lalu lintas umum. Meskipun begitu, untuk dapat menggunakan kendaraan ini pengendara perlu berlatih terlebih dahulu walau tidak sesulit berlatih mengendarai sepeda ataupun sepeda motor.

Dari segi pembuatannya, kendaraan ini cukup mudah untuk dibuat, dan bisa dibuat menggunakan komponen-komponen yang mudah didapat di pasaran lokal. Bahkan untuk beberapa komponen dapat menggunakan bahan-bahan bekas yang masih bisa digunakan seperti rangka mekanik, gear box, roda, dan lain-lain. Meskipun begitu, teknologi yang diterapkan pada kendaraan ini dapat dikatakan modern. Selain dari sisi penggunaan mikrokontroler sebagai pengendali utama dari kendaraan ini yang merupakan teknologi embedded system, juga dari sistem keseimbangannya

menggunakan sensor yang mengadopsi teknologi *micro electro mechanical system* (MEMS).

Dari segi penggunaan bahan bakar, kendaraan ini dapat dikatakan ramah lingkungan karena menggunakan tenaga listrik dari sebuah baterai. Spesifikasi baterai yang digunakan dapat digunakan untuk menggerakkan kendaraan sampai satu jam untuk kemudian diisi lagi.

### 4.2 Saran

Saran yang bisa diberikan adalah pada konstruksi mekanik sebaiknya bisa dibuat lebih efisien untuk penggunaan ruangnya sehingga dimensinya bisa lebih kompak. Motor dc yang digunakan sebaiknya menggunakan gearbox yang sudah jadi satu dengan motor sehingga lebih ringkas dan memiliki backlash yang seminim mungkin. Selain itu untuk keperluan keamanan pengguna, sebaiknya ditambahkan sistem cadangan/redundancy system. Sistem cadangan ini meliputi sistem pengendali, sensor, dan rangkaian penggerak motornya sehingga jika terjadi kegagalan sistem, sistem cadangan dapat menggantikannya

## V. DAFTAR PUSTAKA

- Kawamura, K. (2006). Overview of the Segway RMP. Universitas Vanderbilt. Alamat website: <http://eecs.vanderbilt.edu/CIS/segway/segoverview.shtml>
- Sutyasadi, P. (2008). Development Of A Two-Wheeled Balancing Scooter. Thesis. Asian Institute of Technology, Thailand.
- Blackwell, T. (2006). Building a Balancing Scooter. Alamat website: <http://www.tlb.org/scooter.html>
- Clark, M. A., Field, J. B., McMahon, S. G., Philips P. S. (2005). EDGAR, A Self-Balancing Scooter. Thesis. Universitas Adelaide.
- Hudson, T.(2006), "Sensor Fusion using Kalman Filter in autopilot system. Rotomotion. Alamat website: <http://www.rotomotion.com/downloads/tilt.c>

## BIODATA PENELITI

**Petrus Sutyasadi**, lahir di Wonosobo, 21 Maret 1976. Memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2000, dan gelar master of engineering di Asian Institute of Technology Thailand pada tahun 2008. Saat ini menjadi staff pengajar di Jurusan Mekatronika Politeknik Mekatronika Sanata Dharma Yogyakarta.  
Email: [petrussutyasadi@yahoo.co.id](mailto:petrussutyasadi@yahoo.co.id)

**Dian Artanto, S.T., M.Eng.**, lahir di Solo, 10 Juni 1975. Memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Universitas Gadjah Mada pada tahun 1998, dan gelar master of engineering di Asian Institute of Technology Thailand pada tahun 2007. Saat ini menjadi staff pengajar di Jurusan Mekatronika Politeknik Mekatronika Sanata Dharma Yogyakarta.  
Email: [dian.artanto@gmail.com](mailto:dian.artanto@gmail.com)

**Ir. Y.N. Lukiyanto, M.T.**, lahir di Tegal, 27 Agustus 1966. Memperoleh gelar insinyur teknik mesin di Universitas Gadjah Mada pada tahun 1992, dan gelar magister teknik mesin di universitas yang sama pada tahun 1998. Saat ini menjadi staff pengajar di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.  
Email: [ylukiyanto101@gmail.com](mailto:ylukiyanto101@gmail.com)