



Available online at [www.jurnal.untidar.ac.id](http://www.jurnal.untidar.ac.id)

## JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

Journal homepage: <http://jurnal.untidar.ac.id/index.php/mechanical/index>



# Pengaruh Tumpuan Beban Terhadap Kekuatan *Frame* dan Laju Kecepatan *Smart Pedicab Hybrid* Untidar

A. Noor Setyo HD<sup>1\*</sup>, Nur Hayati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Jalan Kapten Suparman no 39, Tuguran, Potrobangsari, Magelang Utara, Kota Magelang 56116  
Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar  
Jalan Kapten Suparman no 39, Tuguran, Potrobangsari, Magelang Utara, Kota Magelang 56116  
Indonesia

\* Correspondence email: [noorsetyo@untidar.ac.id](mailto:noorsetyo@untidar.ac.id)

### Keyword:

*Smart Pedicab,  
hybrid, traction style*

### ABSTRACT

*Locally based modes of transportation that meet the elements of safety and comfort are priorities when tourism programs become regional flagships. One alternative is electric vehicles, to provide good service, because tourists can easily and quickly explore several tourist attractions. Electric rickshaws with Brushless DC (HUB-BLDC) drive are simple, cheap, practical and pollution-free electric vehicles. The research entitled "Smart Pedicab Untidar with a Hybrid System" aims to produce a prototype of an electric rickshaw with a capacity of 3000 N that is strong and tough, made using a 10 in 72 Volt 2000 Watt BLDC HUB as the main driver, a Li Ion battery power supply with a capacity of 72 Volt 25 Ah, and Engine Generator Set with 7 Kw power to supply current to the battery. The research began with frame design and simulation using Ansys 16 software. The simulation results showed that at loads of 1600 N, 2100 N, and 3000 N, the maximum frame stress was 22.035 N/mm<sup>2</sup>, strain was 4.6601e-5 mm/mm, and deflection 0.070534 mm. Meanwhile, the results of road tests show that on flat road conditions, the speed can reach 57 km/hour, 50 km/hour and 40 km/hour, whereas on 90 slope road conditions the speed decreases by up to 60% from flat road conditions, namely 17 km/hour, 13 km/hour and 11 km/hour. The final results conclude that the frame is still in a safe condition as seen from the simulation results. The allowable stress is still far above the actual stress, while the speed rate decreases with increasing load due to less driving power due to the need for high traction force and torque.*

### Kata Kunci:

*Smart Pedicab,  
hybrid, gaya traksi.*

### ABSTRAK

Moda transportasi berbasis lokal yang memenuhi unsur keamanan, kenyamanan menjadi prioritas ketika program pariwisata menjadi unggulan daerah. Salah satu alternatif yakni kendaraan listrik, untuk mewujudkan pelayanan yang baik dari sisi transportasi, karena wisatawan mudah dan cepat melakukan eksplorasi ke beberapa tempat wisata sesuai keinginan. Becak listrik dengan penggerak Brushless DC (HUB-BLDC) kendaraan listrik sederhana, murah, praktis dan bebas polusi. Penelitian berjudul "Smart Pedicab Untidar Dengan Sistem Hybrid" bertujuan untuk

menghasilkan prototype becak listrik dengan kapasitas 3000 N yang kuat, dan tangguh, dibuat menggunakan HUB BLDC 10 in 72 Volt 2000 Watt sebagai penggerak utama, power supply battery Li Ion kapasitas 72 Volt 25 Ah, dan Engine Generator Set daya 7 Kw sebagai pensupply arus ke baterai. Penelitian diawali desain rangka, dan simulasi menggunakan software Ansys 16. Hasil simulasi menunjukkan, pada beban 1600 N, 2100 N, dan 3000 N diperoleh tegangan (stress) frame maksimum 22,035 N/mm<sup>2</sup>, regangan 4,6601e-5 mm/mm, dan defleksi 0,070534 mm. Sedang hasil uji jalan, pada kondisi jalan datar beban laju kecepatan mampu mencapai 57 km/jam, 50 km/jam dan 40 km/jam, sebaliknya pada kondisi jalan miring 9<sup>o</sup> laju kecepatan mengalami penurunan hingga 60% dari kondisi jalan datar yakni 17 km/jam, 13 km/jam dan 11 km/jam. Hasil akhir menyimpulkan, frame masih dalam kondisi aman terlihat dari hasil simulasi tegangan ijin masih jauh di atas tegangan aktual, sedang laju kecepatan menurun dengan naiknya beban akibat daya penggerak kurang karena kebutuhan gaya traksi dan torsi tinggi.

## PENDAHULUAN

Moda transportasi yang memenuhi unsur keamanan, kenyamanan menjadi prioritas utama dan daya tarik wisata. Moda transportasi berbasis lokal diantaranya becak manual, andong dan becak listrik dapat menjadi alternatif untuk mengembangkan pariwisata transportasi lokal. Sehingga wisatawan dapat memanfaatkan jasa layanan transportasi lokal dengan aman dan nyaman untuk melakukan eksplorasi atau kunjungan ke beberapa daya tarik wisata unggulan daerah. Sebab daya dukung transportasi akan berpengaruh terhadap kenyamanan wisatawan untuk mendorong terwujudnya pelayanan wisata dari sektor transportasi. Maksud dan tujuan penelitian ini yakni untuk mendapatkan alat transportasi listrik hasil pengembangan alat transportasi lokal khususnya becak yang mampu untuk menarik, meningkatkan dan mengembangkan sektor transportasi pariwisata di kawasan wisata daerah.

Kendaraan *hybrid* merupakan perpaduan dua system penggerak yang yang merupakan penggabungan dua sumber energi yang berbeda antara mesin *Internal Energy Combustion* (IEC) sebagai penggerak dan pensupply arus, sedang motor listrik *Brushless DC* (BLDC) penghasil tenaga penggerak, ditambah metode kontrol seperti *Hybrid Controller*, *Fuzzy Gain-Scheduling Proportional-Integral Controller*, *Optimal NeuroFuzzy Control*, *Adaptive Neural PID Controller*, *Fuzzy Logic Controller*. Kendaraan *hybrid* lebih menguntungkan dibandingkan jika hanya menggunakan *Internal Energy Combustion* (IEC) sebagai penggerak utama, baik itu dari sisi emisi gas buang, karbon dioksida yang relative rendah, disamping itu pemakaian bahan bakar akan lebih hemat serta memiliki kenyamanan yang lebih baik akibat tingkat getaran dan kebisingan relative rendah saat beroperasi. Pada *Smart Pedicab Untidar Dengan Sistem Hybrid*, peran IEC sebagai generator pengisi ulang arus DC ke baterai pada saat kapasitas baterai sebagai sumber energi BLDC tinggal 30%. Oleh karena itu penentuan kebutuhan motor listrik (BLDC) perlu disesuaikan dengan karakteristik kendaraan *hybrid* agar dapat diperoleh kendaraan *hybrid* yang sesuai dengan fungsi

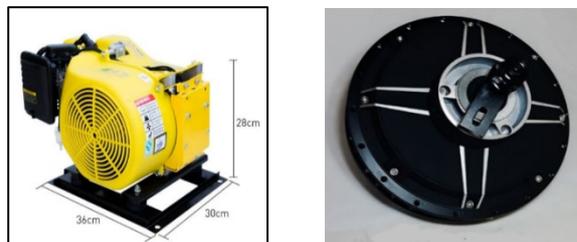
kegunaan yakni melaju sesuai kecepatan set point.

Secara umum kelebihan kendaraan "Smart Pedicab Untidar Dengan Sistem Hybrid" dengan menggunakan penggerak *Brushless DC*, mampu mengatasi kebutuhan torsi yang berubah-ubah baik pada kondisi putaran rendah maupun tinggi, karena kebutuhan energi motor listrik (BLDC) diambil dari baterai, sehingga pada kondisi beban konstan dengan kecepatan yang berubah-ubah, motor listrik BLDC akan tetap mampu mengatasi kebutuhan torsi yang konstan untuk menggerakkan roda, karena tenaga putar (torsi) penggerak berbanding terbalik dengan kecepatan, sedang *Internal Energy Combustion* (IEC) pada kondisi yang sama sebaliknya pada saat kendaraan menerima torsi berubah-ubah.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian tentang pembuatan alat transportasi berbasis lokal khususnya becak listrik guna mendukung pariwisata daerah perlu dikembangkan, diteliti, dan dibuat sebagai pengganti alat transportasi becak lokal yang ada disekitar lokasi wisata yang menggunakan penggerak dua sumber yang berbeda. *Internal Combustion Engine* (ICE) dan motor listrik *Brushless DC Motor* (BLDC).

## METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *experimen* langsung. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *Smart Pedicab Hybrid* meliputi rangka (*frame*) yang terbuat dari pipa aluminium 6010 T5; Gen Set kapasitas 7 KW sebagai *pensupply* arus ke *battery* jika kapasitas arus kurang dari 30% dan motor listrik *Brushless DC Motor* (BLDC) sebagai penggerak dengan spesifikasi 72 Volt 2200 Watt Gambar 1.



Gambar 1: Generator set (Genset) dan BLDC

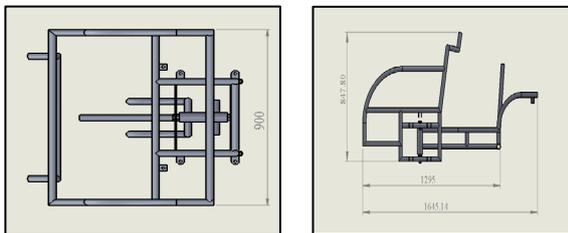
Sedang sebagai penyimpan arus motor listrik dan kontrol set sebagai (charger baterai) sebagai pengatur penggunaan arus BLDC digunakan Votol EM 100; Baterai Li-Ion 72V 25 AH Gambar 2.



Gambar 2: Baterai li-ion dan Charger Baterai

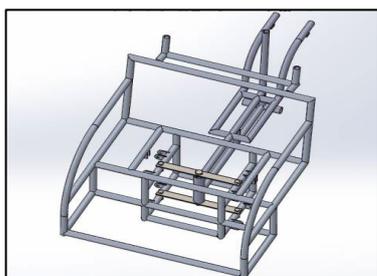
### Desain Frame

Desain *Chassis Smart Pedicap Untidar Hybrid* dilakukan dengan menggunakan *software Solidworks 2016* yang dilakukan secara berurutan. Desain diawali dengan pembuatan komponen rangka depan dan belakang kemudian dilanjutkan pembuatan model tiga dimensi sesuai dengan karakteristik yang telah ditentukan yakni ringan, kuat serta mudah dilakukan proses pengerjaan Gambar 3.



Gambar 3 Hasil desain rangka depan (a) dan belakang (b)

Selanjutnya dilakukan *Assembly Chassis* atau penyatuan *part* yang dihubungkan dengan beberapa komponen penyambung menggunakan sambungan tidak tetap (mur baut) dan sambungan tetap melalui pengelasan untuk membentuk satu kesatuan menjadi *frame* atau rangka *Smart Pedicap Untidar Hybrid* terlihat seperti pada Gambar 4.



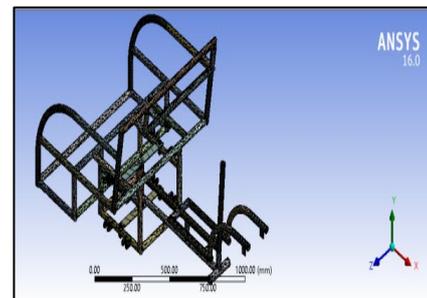
Gambar 4. Hasil *assembly frame*

### Simulasi Sifat Mekanik

Hasil desain *desain frame Smart Pedicap Untidar Hybrid*, selanjutnya dilakukan simulasi dilakukan dengan menggunakan *Software Ansys 16*.

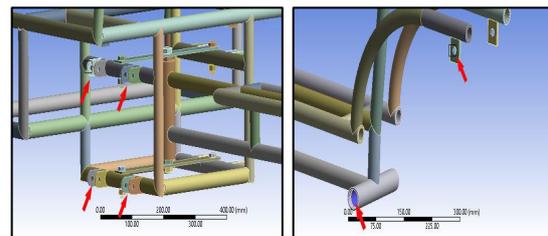
Awal proses dimulai dari pemilihan *static structural, engineering data* dan dilanjutkan memasukkan beberapa data *software solidworks 2016* ke dalam *software Ansys 16* melalui import file, kemudian melakukan *generate file* sehingga diperoleh desain seperti pada Gambar 5.

Setelah *engineering data* dimasukkan ke dalam *desain*, dilanjutkan proses *meshing* untuk membagi *geometry* menjadi banyak elemen agar dapat dilakukan simulasi.

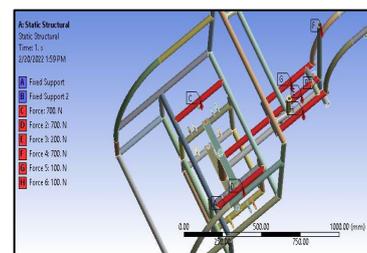


Gambar 5 Geometri *chassis/* rangka

Tujuan simulasi dalam hal ini yaitu untuk mengetahui *Stress, Elastic Strain, total deformation*, dan nilai *safety factor* chasis pada saat *frame* dikenai beban 3000 N yang terdiri terdiri berat *frame* keseluruhan 900 N; berat penumpang 1400 N; dan berat pengemudi 700 N. Adapun parameter simulasi meliputi yaitu *fixed support* kaki-kaki, dan *swing arm* Gambar 5.



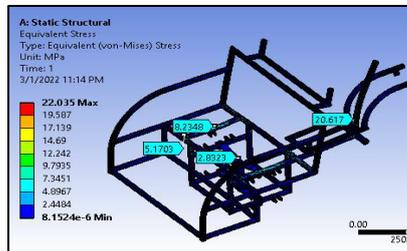
Gambar 5. *Fixed support* kaki-kaki dan *swing arm*



Gambar 6. Pembebanan *frame* dengan total gaya 3000 N

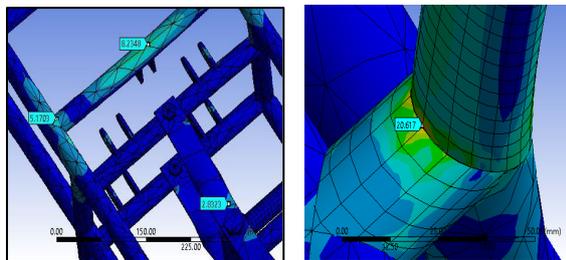
Hasil simulasi memperlihatkan pada kondisi beban maksimum 3.000 N Gambar 6, *frame* masih mampu menahan beban dalam kondisi aman, hal ini terlihat akibat adanya distribusi tegangan yang

diterima dari rangka depan pada bagian penampang atau dudukan penunpang dan distribusi tegangan dari dudukan mesin dan dudukan pengemudi, terlihat dari hasil pengujian diperoleh pada bagian penghubung rangka depan dan belakang terjadi tegangan maksimum  $22,035 \text{ N/mm}^2$  dan tegangan minimum sebesar  $8,1524\text{e-}6 \text{ N/mm}^2$  Gambar 7, selain itu batas aman, terlihat juga dari spot gradasi warna yang muncul yakni hanya spot-spot warna biru muda.



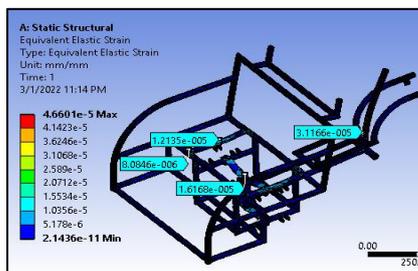
Gambar 7. Tegangan maksimum dan minimum pada beban 3.000 N

Sedang pada rangka depan yakni dudukan penunpang, besar tegangan maksimum yang terjadi terlihat sebesar  $8,2348 \text{ N/mm}^2$  dan  $5,1703 \text{ N/mm}^2$  Gambar 8 dengan spot gradasi warna yang muncul berubah dari warna biru tua menjadi warna biru muda.

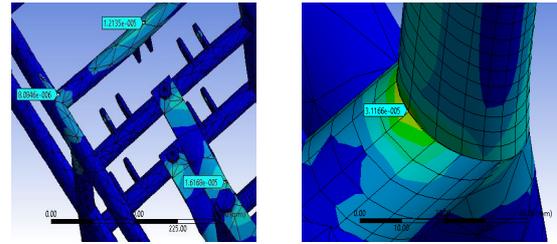


Gambar 7. Tegangan rangka depan (a) dan belakang (b) beban 3000 N

Regangan (*Elastic Strain*), pada beban yang sama, rangka masing-masing mengalami regangan masih dalam batas yang diijinkan yakni regangan maksimum  $4,6601\text{e-}5 \text{ mm/mm}$  Gambar 8, sedang regangan yang terjadi pada dudukan penunpang sebesar  $1,2135\text{e-}5 \text{ mm/mm}$  dan  $8,0846\text{e-}6 \text{ mm/mm}$  pada tumpuan dudukan penunpang, hal ini terlihat dengan adanya perubahan gradasi warna biru tua menjadi warna biru muda Gambar 9. Berdasarkan ciri-ciri tersebut frame masih dalam batas aman.

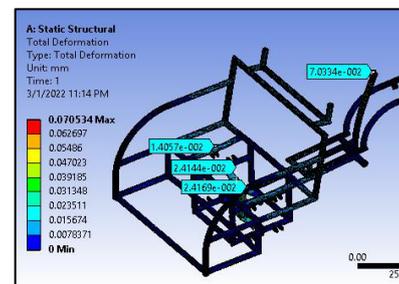


Gambar 8. Regangan maksimum dan minimum beban 3.000 N

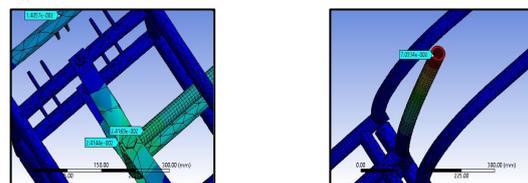


Gambar 9. Regangan rangka depan (a) dan belakang (b) beban 3.000 N

Perubahan bentuk (deformasi) rangka muncul akibat adanya defleksi yang terjadi pada rangka depan  $0,070534 \text{ mm}$  Gambar 9. Pada rangka depan defleksi terjadi sebesar  $1,4057\text{e-}2 \text{ mm}$  yang ditunjukkan dengan warna biru muda. Sedang pada bagian penghubung rangka atau sambungan terjadi defleksi sebesar  $2,4144\text{e-}2 \text{ mm}$  dan  $2,4169\text{e-}2 \text{ mm}$  pada ujung rangka belakang yang ditopang dudukan penghubung atau sambungan *chassis*/ rangka. Sedang pada tempat duduk pengemudi mengalami defleksi akibat berat sebesar  $7,0334\text{e-}2 \text{ mm}$ , hal ini ditandai dengan munculnya spot-spot warna merah Gambar 10.



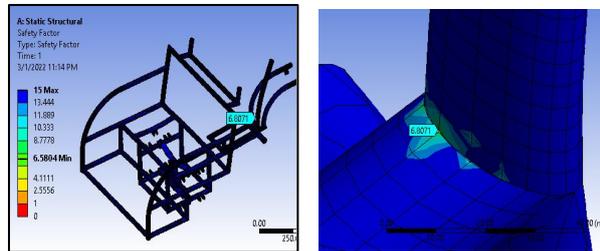
Gambar 9. Defleksi maksimum dan minimum beban 3.000 N



Gambar 10: Defleksi rangka depan (a) dan belakang (b) beban 3.000 N

Perubahan regangan ini akibat adanya distribusi tegangan yang diterima dari rangka depan pada bagian penampang atau dudukan penunpang dan distribusi tegangan dari dudukan mesin dan dudukan pengemudi. Sedang pada sambungan atau tumpuan dudukan pengemudi regangan yang terjadi akibat distribusi tegangan dari beban pengemudi dan beban mesin  $3,1166\text{e-}5 \text{ mm/mm}$ . Berdasarkan hasil uji simulasi pada beban 3.000 N terhadap *frame*, terlihat rangka masih dalam kondisi cukup aman jika hanya menerima beban 3.000 N. terlihat dari hasil uji baik tegangan; regangan dan *defleksi* semuanya itu masih

di bawah batas yang diijinkan bahan. Hal tersebut diperkuat dari hasil simulasi yang menunjukkan bahwa tegangan ijin masih jauh di atas tegangan, regangan dan defleksi yang terjadi yakni sebesar minimum 6,5 Gambar 18, hal ini terlihat perubahan gradasi warna dari biru tua menjadi warna biru muda Gambar 19.



Gambar 16: Safety Factor rangka depan dan Belakang

### Pengujian Unjuk Kerja

Pengujian unjuk kerja sistem penggerak mesin dan transmisi *Smart Pedicab Hybrid* hanya mencakup pengujian kecepatan pada beban tetap. Pengujian dilakukan pada posisi jalan datar dan miring dengan sudut kemiringan  $9^{\circ}$  dengan beban kendaraan sendiri yakni 900 N; 1600 N; dan 3000 N. Sedang pada kondisi jalan lurus dengan kemiringan jalan  $9^{\circ}$ , hasil uji menunjukkan, laju *smart pedicab* mampu hingga mencapai putaran 666 rpm dengan kecepatan maksimum 57 km/jam, kebutuhan arus *Brushless DC Motor* (BLDC) 80,4 Amper pada tegangan 72 Volt. Betambahnya beban pada kondisi jalan dan jarak tempuh yang sama, kebutuhan arus BLDC mengalami peningkatan akibat adanya pertambahan beban angkut, sebaliknya besar laju kecepatan mengalami penurunan yang besarnya secara berurutan yaitu pada pada beban 1600 N laju kecepatan BLDC turun menjadi 50 km/jam dan pada beban 3.000 N turun menjadi 40 km/jam. Sebaliknya pada jalan dengan kemiringan  $9^{\circ}$ , laju kecepatan *smart pedicab* mengalami penurunan yang sangat signifikan hingga mencapai 60 % dan daya out put BLDC yang terjadi lebih besar dibandingkan pada kondisi jalan datar.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji simulasi terhadap frame dari *Smart Pedicab Untidar*, rangka mampu menahan beban maksimum di atas 3.000 Newton, hal ini terlihat dari hasil simulasi yang menunjukkan, besar tegangan actual, regangan dan defleksi masih jauh dibatas tegangan (strees) yang diijinkan yakni 186 MPa, selain itu juga terlihat dari gradasi warna yang muncul pada saat dilakukan simulasi, perubahan spot-spot warna dasar (biru tua) pada sambungan akibat beban yang dikenakan pada frame, sambungan frame hanya mengalami perubahan warna buru muda belum mencapai warna merah (maksimum).

Perubahan tersebut mengindikasikan bahwa

kontruksi *frame Smart Pedicab* masih cukup aman sesuai dengan persyaratan dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan dan sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan baik dalam segi desain maupun segi teknis dan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 33 Tahun 2018 tentang Pengujian Tipe Kendaraan Bermotor.

Hasil uji fungsi yang telah dilakukan di jalan datar dan miring terhadap unjuk kerja *Smart Pedicab Untidar* pada beban 3.000 Newton Tabel 1. Terlihat rata-rata pada tegangan yang konstan, laju kecepatan *smart pedicab untidar* baik pada jalan datar maupun miring dengan naiknya beban kendaraan akan mengalami penurunan kecepatan. Penurunan kecepatan ini akibat torsi mekanik yang dibutuhkan mengalami kenaikan akibat gaya traksi yang bertambah antara roda dengan permukaan jalan. sehingga akan menyebabkan lambatnya putaran roda. Sedang kenaikan torsi elektromagnetik terjadi akibat adanya arus input BLDC bertambah dan kecepatan putar motor yang menurun, hal ini akan menjadikan daya input BLDC akan semakin besar, sebaliknya daya daya output semakin turun.

Tabel 1: Hasil Uji Fungsi Smart Pedicap

No	Beban (Newton)	BLDC (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Kecepatan (Km/Jam)	Daya Out Put (Watt)	Waktu (dtk)
<b>Kondisi Jalan Datar</b>							
1	160	666	72	80,4	57	5788,8	15,83
2	230	630	72	84,9	50	6112,8	13,89
3	300	600	72	87,9	40	6328,8	11,11
<b>Kondisi jalan Miring <math>9^{\circ}</math></b>							
1	160	256	72	80	17	1224	4,72
2	230	210	72	85	13	936	3,61
3	300	139	72	90	11	792	3,06

Terlihat dari hasil uji pada Tabel 1, akibat kenaikan beban kendaraan akan menjadikan turunnya putaran penggerak BLDC, dan laju kecepatan kendaraan. Permasalahan tersebut akan menyebabkan suply arus ke BLDC dari sumber baterai bertambah karena BLDC pada saat tersebut membutuhkan arus yang bertambah yang dipakai sebagai energi penggerak, terlihat dengan naiknya beban per dari 1.600 N, 2.300 N dan 3.000 N, pada tegangan konstan, konsumsi arus ke BLDC mengalami kenaikan rata-rata 5 amper, sedang putaran dan laju kecepatan BLDC akan mengalami penurunan dengan naiknya beban, karena pada saat itu torsi atau momen punter yang dibutuhkan untuk menggerakkan rods bertambah.

Sedang pada posisi jalan dengan kemiringan  $9^{\circ}$  laju kecepatan *Smart Pedicab* akibat gaya traksi yang terjadi antara roda dengan permukaan jalan cukup besar, hal ini terjadi karena torsi mekanik yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda cukup besar agar tidak timbul slip, putaran HUB BLDC

mengalami penurunan, sehingga menjadikan laju kecepatan kendaraan menurun yang cukup signifikan hingga mencapai 60 % dari kondisi posisi jalan lurus pada beban yang sama. Pada kondisi ini dengan beban 1600 N, becak hanya mengalami laju kecepatan maksimum 17 Km/jam., sedang pada beban 2300 N, laju kecepatan becak hanya sebesar 13 km/jam, dan pada beban 3000 Newton laju kecepatan sebesar 11 km/jam.

## SIMPULAN

Hasil simulasi terhadap *frame Smart Pedicap Untidar* pada beban 3000 N menunjukkan bahwa kondisi frame masih kuat menahan beban. Hal ini terlihat dari hasil simulasi pada beban 3000 N diperoleh tegangan actual maksimum pada dudukan penumpang 8,2348 N/mm<sup>2</sup>; dudukan pengemudi 20,617 N/mm<sup>2</sup> masih jauh dibawah dari tegangan mekanik yang diijinkan yakni 186 MPa. Sedang deformasi yang terjadi akibat beban yang terjadi relative cukup kecil, terlihat dari besarnya regangan dan defleksi yang terjadi masih relative kecil. Sedang dari hasil uji unjuk kerja kendaraan baik pada jalan datar maupun yang memiliki kemiringan, menunjukkan dengan semakin besar beban kendaraan, maka daya output BLDC sebagai penggerak akan semakin besar, sehingga kebutuhan arus untuk penggerak akan semakin bertambah besar, akibat kendaraan membutuhkan torsi atau tenaga gerak yang bertambah besar. Terlihat pada kenaikan beban 700 Newton, pada tegangan konstan putaran BLDC mengalami penurunan, arus daya input mengalami kenaikan rata-rata sebesar 5 Amper, sebaliknya daya output dengan naiknya beban akan mengalami kenaikan pada jalan datar, sedang pada jalan miring (tanjakan) mengalami penurunan.

## DAFTAR PUSTAKA

- AN857 "Brushless DC Motor Control Made Easy" 2002 Microchip Technology Inc.
- Bambang Sujanarko, BLDC Motor Control for Electric Vehicle Based On Digital Circuit and Proportional-Integral Controller, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (An ISO 3297).
- Boukehili Adel, Zhang Youtong, Sun Shuai, "Parallel HEV Hybrid Controller Modeling for Power Management", World Electric Vehicle Journal, 2010.
- Callister, William D., "Materials science and engineering: an introduction". John Wiley & Sons, Inc. New York. 2009
- Hendi Saryanto, 2013. Tutorial Solidworks Lecturer of Mechanical Engineering. Programs Universitas muhammadiyah, Tangerang.
- Nugroho, C. B. (2016). Analisis Solidwork pada Rangka Mesin Press Bottle Jack 20 Ton dengan. Jurnal Integrasi, 8(1), 12–15.

- Paul M. Kurowski," Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2012",Schroff Development Corporation 2012
- Zhao, Jian., Yu, Yangwei. AN047 "Brushless DC Motor Fundamentals Application Note" 2011