

PENGEMBANGAN *SELF-BALANCING BIKE*

Saphira Zahra Amethysta Bismo J Joyodiharjo, M.Ds, S.Sn

Program Studi Sarjana Desain Produk, Fakultas Seni Rupa dan Desain (FSRD) ITB
 Email: saphiraamethysta@gmail.com

Kata Kunci : *Ergonomi perempuan, gyroscope, keseimbangan sepeda, sepeda*

Abstrak

Sepeda disebut-sebut sebagai solusi sederhana dari berbagai permasalahan pelik dunia, salah satunya kemacetan. Lewat pelaksanaan Tugas Akhir ini, penulis mengambil salah satu fokus permasalahan, yaitu masih banyak pengguna yang belum bisa menggunakan sepeda walaupun sudah dewasa. Melalui hipotesis diasumsikan penyebabnya adalah seringnya hilang keseimbangan saat kayuhan awal, dan mayoritas dialami oleh perempuan, untuk membuktikan hipotesis ini kemudian dilakukan survey dengan mengambil lingkungan ITB sebagai sampel dan untuk mencari solusi, penulis meneliti prinsip *gyroscope* yang diterapkan pada Segway. Teorinya adalah memasang piringan sebagai *flywheel*, untuk lebih menstabilkan sepeda. Selain sisi teknologi, penelitian ini juga memfokuskan sisi ergonomi sepeda untuk perempuan.

Abstract

Bicycle is a simple solution for the world's most complicated problem, such as congestion. Through this Final Assignment research there are found many grown up still can't ride it, mostly women. It's assume because trauma of falling and lost control when we first pedaling. To prove the hypothesis, hereby made a questionnaire and choose ITB environment as sample. With gyroscope mechanism adaptation on Segway which are simplify to become solution on this problem statement. The theory is install a heavy disc that spin faster than bicycle wheel, this project also focusing on women ergonomic point of view.

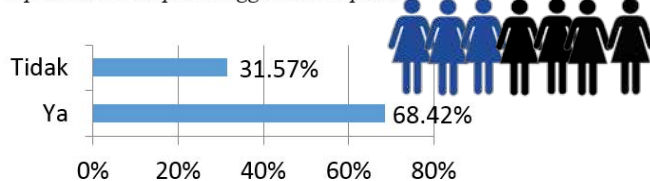
Pendahuluan

Jumlah pertumbuhan mobil semakin tidak diimbangi dengan pertumbuhan jalan yang relatif konstan. Di Jakarta tercatat pada tahun 2011 pertumbuhan mobil sebanyak 9% pertahun, sedangkan pertumbuhan jalan hanya sekitar 0,01% per tahun. Jika diuangkan, kerugian yang dicapai karena kemacetan berjumlah Rp 4,6 Triliun/tahun dan biaya yang harus dibayar warga Jakarta untuk kesehatannya berjumlah Rp 38,5 triliun. Melesatnya kenaikan jumlah kendaraan ini dimulai sejak 1999, dan tahun 2014 adalah puncaknya. Untuk mempersempit ruang lingkup penelitian penulis mengambil lingkungan ITB sebagai studi kasus. Naiknya jumlah kendaraan juga dirasakan di lingkungan perkampusan ini. Sebagai contoh jumlah kendaraan di salah satu parkir ITB sudah melampaui kapasitas, kuantitas yang disediakan hanya 60 mobil, namun setiap harinya jumlah mobil di parkir ini bisa mencapai 90 mobil. Dampaknya parkir melebar dan menyebabkan kemacetan juga parkir sembarangan di sekitar jalan ITB.

Diantara banyak solusi yang dapat menjadi pemecahan masalah tersebut, untuk Tugas Akhir ini dipilih sepeda karena di Indonesia masih jarang yang menggunakannya sebagai transportasi sehari-hari walaupun memiliki banyak manfaat. Setelah menganalisis tantangan dari bersepeda, diambil fokus permasalahan yaitu pengguna yang tidak dapat menggunakan sepeda. Penulis memiliki hipotesa hal tersebut dikarenakan trauma jatuh, penyebabnya terutama karena hilang kontrol saat kayuhan awal. Setelah itu diadakan survey untuk membuktikan hipotesis pada 30 koresponden perempuan, dan hasilnya menyebutkan 3 dari 7 perempuan berumur 19-25 tahun masih belum dapat mengendarai sepeda roda dua karena hilang keseimbangan dan sebanyak 47,36% koresponden merasa trauma ketika jatuh dari sepeda. Jumlah ini merupakan pasar yang cukup potensial sehingga diputuskan untuk fokus pada segmentasi tersebut.



Apakah Anda dapat menggunakan sepeda?



Gambar 1. Grafik koresponden perempuan yang dapat menggunakan sepeda. (sumber: dokumen pribadi 2014)



Gambar 2. Imageboard target pasar dan moodboard. (sumber: dokumen pribadi 2014)

Langkah selanjutnya adalah membuat batasan masalah, dari segi lingkungan, pengguna dan teknologi. Dari segi lingkungan penulis mempelajari lingkungan sekitar ITB, jarak tempuh rata-rata target pasar tiap harinya dan medan yang ditempuh. Secara keseluruhan ITB memiliki lingkungan dan fasilitas yang menunjang pengendara sepeda dengan jarak tempuh yang tidak jauh. Sedangkan dari segi teknologi, hal pertama adalah mempelajari penyebab keseimbangan sepeda melalui studi literatur, hingga melakukan eksperimen mengenai prinsip *gyroscope* sederhana, dan yang kedua adalah melakukan studi mengenai geometri sepeda yang sesuai dengan ergonomi perempuan.

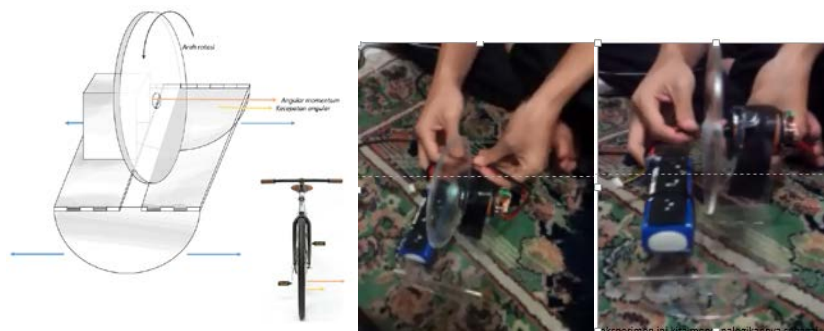
Segmentasi pengguna secara demografi dengan umur dari 19 hingga 25 tahun, siswi SMA hingga mahasiswi, yang tinggal di daerah perkotaan. Secara psikografi, target pasar berdasar dari kelas ekonomi menengah ke atas dengan gaya hidup konsumtif dan memiliki sifat aktif berorganisasi maupun secara akademik dan *stylish*. Berdasarkan *targeting*-nya, target pasar merupakan *concentrated targeting strategy*, yaitu segmentasi khusus dengan produk yang diciptakan untuk memecahkan masalah. Dari hasil pengamatan penulis mengklasifikasikan hasil dokumentasi menjadi 4 kata kunci lalu dijadikan *imageboard* dan menganalisa kebutuhan pengguna. Analisis kebutuhan ini nantinya menjadi parameter dalam mendesain produk.

Misi perancangan produk ini adalah mengeksplorasi sistem *gyroscope* dengan memasang cakram besi yang diaktifkan oleh motor BLDC lalu merangkai sistem ini sebagai pengganti *hub* sepeda. Spesifikasinya yaitu memiliki panjang yang sama dengan *hub* agar *compatible* dengan berbagai jenis ban 26 inch, dan memiliki diameter yang cukup, supaya tidak menghalangi lajur jari-jari. Pada perancangan *prototype* ban dibagi menjadi sistem mekanik dan elektronik sebagai *switch button* dan pengendali kecepatan serta arah putar cakram pada *gyroscope*. Lalu merancang sepeda konvensional, yang memenuhi parameter dalam analisa kebutuhan target pasar dan sesuai secara *moodboard*, yaitu *elegant* dan *intellect*. Alasan sepeda didesain secara konvensional melalui pertimbangan survey dan tujuannya untuk digunakan sehari-hari sehingga sepeda tidak dibuat menonjol.

Tema khusus yang menjadi prioritas ada dua hal yaitu sepeda yang secara ergonomi nyaman untuk perempuan dan secara teknologi memudahkan pengguna menggunakan sepeda.

Tabel 1. Analisa kebutuhan target pasar

Kenyamanan	Keamanan	Kepraktisan	Ekonomi	Estetika
Sadel nyaman	Tidak ada sudut panjang	Muat banyak	Mudah diproduksi massal	Mengikuti trend dan selera pasar
Geometri cocok	Memiliki <i>chain cover</i> , <i>fender</i>	Kemudahan mengunci sepeda		
Posisi berkendara nyaman	Lampu	Cocok untuk jarak tempuh menengah		
<i>Low top tube</i>	Fasilitas parkir	Perawatan mudah		



Gambar 3. Eksperimen *inverted pendulum* dan hasilnya saat beberapa detik seimbang. (sumber: dokumen pribadi 2014)

Proses Studi Kreatif

Sebelumnya tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk meneliti lebih lanjut mengenai alasan yang membuat orang sulit mengendarai sepeda, mengidentifikasi hipotesis pemikiran dan menetapkan target pasar melalui survey, menganalisis permasalahan-permasalahan lingkungan, juga fasilitas sepeda yang berada di lingkungan ITB, mencari dan menemukan solusi inovatif untuk menjawab persoalan berupa sepeda dan meneliti sisi ergonomi yang sesuai dengan target pasar dan mendesain produk sesuai data yang dikumpulkan guna menciptakan sebuah teknologi baru untuk memudahkan target pasar dalam menggunakan sepeda.

Dari keempat tujuan tersebut, yang paling utama adalah menemukan solusi inovatif untuk merancang sepeda yang memudahkan pengguna yang tidak bisa menggunakan sepeda. Gagasannya yaitu penerapan sistem *gyroscope* dari moda transportasi Segway. Namun Segway merupakan produk *high-technology* dan sepeda merupakan produk manual sehingga kriteria tercapainya tujuan ditentukan dengan adaptasi prinsip *gyroscope*-nya saja menjadi lebih sederhana dan mempertahankan karakteristik sepeda dengan menggunakan motorik kaki untuk menggerakannya. Performa sistem ini pun baru terasa saat menggunakannya, karena hanya membantu pengguna untuk lebih mudah mengendarai sepeda.

Kriteria tercapainya tujuan ini adalah ketika sepeda yang dirancang nyaman digunakan wanita, dan sistem *gyroscope* pada ban depan dapat dijalankan sebagai *prototype*, dengan pengaturan kecepatan dan indicator berjalan dengan baik sebagai modul sistem elektronik. *Prototype* sepeda dan ban dibuat terpisah walau saling berkaitan, sistem elektronik pada ban adalah modul untuk digunakan pada *throttle* sepeda.

Hasil Studi dan Pembahasan

Studi literatur mengenai teori-teori keseimbangan sepeda dari penelitian David E.H. Jones dan Mass Two Skate menyebutkan bahwa setiap faktor yang membentuk sepeda masing-masing berkontribusi pada kestabilannya. Sebuah sepeda dapat diibaratkan sebagai tiga massa yang diposisikan di roda belakang, depan dan di dekat roda belakang. Sehingga dengan salah memosisikan *variable* berupa *trail*, atau *gyro* roda depan, atau posisi *centre of mass* dapat membuat sepeda stabil menjadi tidak stabil. Kesimpulan ini kemudian menjadi salah satu alasan penulis merancang sepeda yang sesuai dengan *prototype* ban.

Alasan mengapa efek *gyroscope* terpilih sebagai solusi dibandingkan sepeda roda tiga, *assist wheel* ataupun *balance bike* terutama karena target pasar yang sudah dewasa. Sepeda roda tiga dan *assist wheel* memakan *space* parkir maupun jalan yang cukup besar, dan kurang efektif dalam membantu pengguna belajar mengendarai sepeda. Sedangkan *balance bike* tidak dapat menempuh jarak yang cukup jauh. Namun kekurangan dari penggunaan *gyroscope* adalah tingginya biaya *Research & Development* karena termasuk teknologi yang masih baru.

Tabel 2. Analisa SWOT

	Strength	Weakness
Opportunity	-Lebih mudah digunakan -Resiko jatuh jauh lebih kecil - <i>Prestige</i> lebih tinggi -Sudah disesuaikan dengan ergonomi wanita Asia	Target <i>user</i> merupakan segmentasi minoritas yang jarang terjangkau Desain berupa sepeda konvensional
Threat	Teknologi masih baru dan belum teruji Bukan termasuk <i>add-on device</i>	<i>Production and Research & Development cost</i> Berat yang bertambah



Gambar 4. Konsep sistem *gyroscope* pada ban depan sepeda. (sumber: dokumen pribadi 2014)

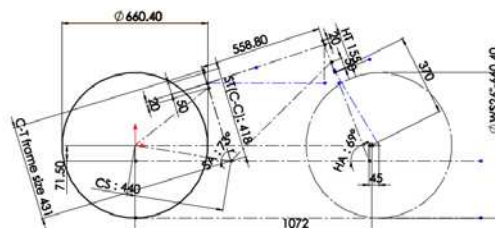
Solusi yang ditemukan kemudian diaplikasikan pada proses eksperimen berupa *inverted pendulum*, karena sepeda sendiri merupakan sebuah pendulum terbalik yang memiliki kemungkinan terjatuh ke kanan atau ke kiri. Eksperimen ini dirancang dengan material akrilik sebagai pendulum dan cakram yang berputar oleh motor *brush* dan baterai LiPo. Hasil dari eksperimen ini nantinya diterapkan pada ban depan produk. Adapun alasan diaplikasikan pada ban depan adalah supaya mudah dicopot dan pendistribusian massa yang seimbang. Diadakan empat kali eksperimen dan yang paling lama aktif hingga 20 detik dengan waktu seimbang hingga 15 detik.

Berikutnya adalah mengaplikasikan eksperimen ini pada sistem yang dapat menggantikan *hub* sepeda. Dengan menggunakan cakram rem motor sebagai *fly disc* dengan material besi dan motor kipas untuk memutar cakram, rangkaian ini disebut sebagai sistem mekanik. Lalu sistem mekanik ini dihubungkan pada aki 12 Volt melalui sistem elektrik, yang selain berfungsi untuk menghidupkan motor dan memutar cakram juga berfungsi untuk mengatur arus listrik yang masuk ke motor. Sistem mekanik berwarna hitam untuk menyamarkan material dan berkesan lebih ringan. Ide ini juga merupakan pengembangan dari eksperimen URB1 David E.H. Jones yang justru membuat sepeda lebih stabil dengan menambahkan cakram ke dua di ban depan sepeda. Sedangkan proses sistem elektriknya sendiri dimulai dari menginput data pada *speed controller* untuk menghasilkan perintah berupa arah putar, nyala atau mematikan motor dan kecepatan putar yang akan diterima oleh *motor driver* untuk dikirimkan pada motor.


Perbedaan antara sepeda laki-laki dan perempuan terutama terletak pada bentuk fisik laki-laki yang cenderung lebih besar dan memiliki torso lebih tinggi, sedangkan perempuan memiliki tulang *pelvic* yang lebih lebar, dan kaki yang mayoritas lebih panjang. Pengaruhnya pada desain sepeda terlihat pada *top tube* yang lebih pendek dan lebih rendah, sudut *head tube* lebih besar dan *crank* lebih pendek.

Rancangan sepeda sendiri dikonstruksi sesuai ukuran rata-rata wanita, dan mengambil moodboard *elegant* dan *intellectual*, dan jenis sepeda *hybrid* atau *city bike* dengan posisi berkendara *slightly bent forward* yaitu dari 75° hingga 45°, menggunakan *flat handle bar* dan sadel jenis *moderate* yang disesuaikan dengan wanita. Pengambilan keputusan ini tidak lepas dari pertimbangan analisa kebutuhan dan membandingkan pilihan yang ada. Geometri sepeda mengikuti metode LeMond dalam mencari ukuran C-T (pusat BB hingga ujung *seat post*), sehingga didapat ukuran *frame* 15 inch.

Dari aspek bentuk, penulis membuat sketsa yang dikelompokkan menjadi kata kunci *futuristic* dan *classic*, selanjutnya penulis mengadakan survey yang bersifat subjektif untuk menentukan beberapa desain terpilih. Dari lima desain terpilih, lalu dibandingkan dan akhirnya terpilih tiga desain dengan tipe *step through frame* untuk memudahkan akses turun dari sepeda khususnya bagi pengguna wanita.



Gambar 5. Sketsa geometri sepeda. (sumber: dokumen pribadi 2014)

Tabel 3. Tabel Perbandingan Alternatif Aspek Bentuk Desain


Parameter	Bobot	Alternatif 1		Alternatif 2		Alternatif 3	
		Rating	Total	Rating	Total	Rating	Total
Struktur kuat	3	2	6	3	9	5	15
Tidak ada sudut tajam	2	4	8	4	8	4	8
Mudah diproduksi massal	2	4	8	3	6	3	6
Kecocokan dengan moodboard	2	4	8	3	6	4	8
Low top tube	1	5	5	4	4	4	4
TOTAL	10	23	35	17	33	24	41

Dari tabel di atas maka diputuskan desain terpilih adalah alternatif 3. Setelah menentukan desain terpilih, berikutnya adalah menganalisis warna yang akan digunakan. Warna dapat meningkatkan *brand recognition* hingga 80%, menimbulkan efek psikologis tertentu pada orang yang melihatnya dan mencerminkan kepribadian penggunanya. Penulis memilih tiga warna berdasarkan hasil *moodboard*, yaitu putih, *tan/beige*, dan *tosca*, lalu menganalisisnya sehingga memutuskan untuk menggunakan warna putih, alasannya terutama karena kesan canggih yang diberikan dan mudahnya dicocokkan dengan aksesoris sepeda maupun baju pengguna.

Material yang digunakan adalah aluminium dengan pertimbangan kemudahan produksi walau dengan menggunakan tenaga manusia. Selain itu aluminium dinilai memiliki kelebihan yang seimbang. Untuk produksi penulis dibantu oleh PT. Inera Sena Polygon, Indonesia. Proses produksi dimulai dari pemilihan *tube* aluminium untuk rangka, proses pembentukan aluminium dengan gerindra atau *roll, bend* dan *foaming* untuk membengkokkan aluminium. Setelah itu proses pencucian lalu yang paling penting adalah proses *welding* atau pengelasan untuk menyatukan rangka-rangka aluminium membentuk *frame*, diikuti oleh proses *alignment* agar *frame* pas di tengah. Proses pengecatan dilakukan setelah *frame* diuji, tahapan awalnya adalah pemberian warna dasar putih dan di oven selama 20 menit dengan temperatur mencapai 120°C, lalu dicat kembali dengan warna akhir, warna dapat dikombinasikan dengan menambahkan *masking*. Pemberian *decal* atau stiker dilakukan sebelum atau setelah tahap *coating*, yang terbagi menjadi *satın, gloss* atau *matte*. Yang terakhir adalah proses perakitan, yaitu memasang *frame* dengan ban, sadel, *handle bar, crank* dan aksesoris lainnya.

Penutup

Pada dasarnya geometri sudah menjadikan sepeda seimbang pada kecepatan di atas nol. Namun, pengguna yang belum dapat mengendarai sepeda memiliki kesulitan menjaga keseimbangannya saat sepeda dalam keadaan *stationary* (diam). Konsep *gyroscope* ini dirancang untuk membantu pengendara menyeimbangkan dirinya di sepeda saat kecepatan nol, sehingga saat kayuhan awal tidak terasa terlalu berat dan tidak stabil. *Throttle* dikendalikan di *handle bar*, sehingga pengguna dapat mengatur kecepatan putar cakram dan pengguna akan beradaptasi menyeimbangkan dirinya di sepeda. Sistem ini juga memiliki daya dorong secara tidak langsung dari putaran cakram dan membantu meningkatkan kecepatan sepeda.

**Gambar 6.** Hasil jadi sepeda. (sumber: dokumen pribadi 2014)



Gambar 7. Desain konsep final. (sumber: dokumen pribadi 2014)

Evaluasi dari proses ini terutama di bagian teknis, perancangan bentuk *hub* seharusnya memiliki batang poros agar ban kuat menahan beban sepeda dan pengguna, untuk itu motor yang digunakan haruslah motor khusus sepeda yang memiliki lubang di tengahnya dan kabel yang langsung terhubung pada kabel di *fork*. Selain itu sistem *gyroscope* harus memiliki perhitungan agar memiliki spesifikasi mengenai berat cakram dan kecepatan putarannya untuk mencapai tujuan sepeda yang seimbang dalam waktu lama.

Desain Sepeda perlu dirancang lebih detail lagi, diantaranya dengan keputusan warna putih *matte* yang justru menuntut perawatan yang sulit, selain itu pemasangan kabel yang lebih rapi supaya jalur kabel semua berada di dalam *frame* dan penggunaan baterai LiPo yang tidak efisien, karena perlu di *charge* lama. Dari aspek bentuk masih belum dapat mewakili teknologi yang dimilikinya.

Untuk pengembangannya, produk ini dapat disederhanakan sehingga tidak perlu menggunakan sistem elektrik maupun motor untuk menggerakkan cakram, atau justru ditingkatkan lagi teknologinya agar rangkaian *gyroscope* dapat beradaptasi untuk membantu meringankan kayuhan sepeda. Harapan penulis adalah sistem *gyroscope* ini tidak menjadi sebuah *device* sementara yang dibutuhkan untuk pembelajaran saja, lalu dilepas saat pengguna sudah dapat mengendarai sepeda, namun menjadi sebuah sepeda jenis baru yang lebih memudahkan pengendara dan memperkecil resiko jatuh dari sepeda.

Pembimbing

Artikel ini merupakan laporan perancangan Tugas Akhir Program Studi Sarjana Desain Produk FSRD ITB. Pengerjaan tugas akhir ini disupervisi oleh pembimbing Bismo Djelantik, M.Ds.

Daftar Pustaka

- Nurtjahyo, Boy. 2009. *Analisis Sepeda Lipat Terhadap Pengendara Wanita Dengan Pendekatan Ergonomi Menggunakan Virtual Environment Modeling*. Depok: TI-UI.
- Pearson, Cef Terry. 1999. *How a Gyroscope Work*. United Kingdom
- Potter, James J. 2008. *Gender Differences in Bicycle Saddle Pressure Distribution during Seated Cycling*. Madison: American College of Sports Medicine
- Jones, David E. H. 1970. *Physics Today* 23, 34 (1970). (reprinted in September 2006).
- Kooijman, J. D. G. 2011. *A bicycle can be self-stable without gyroscopic or caster effects*. USA: Science Magazine, Vol. 332



Gambar 8. Hasil jadi sistem *gyroscope*. (sumber: dokumen pribadi 2014)