



**KAJIAN GERAK MELINGKAR PADA SEPEDA SEBAGAI  
RANCANGAN BAHAN AJAR FISIKA SMA**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**Sofwatul Faizah**  
**NIM 130210102095**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**



**KAJIAN GERAK MELINGKAR PADA SEPEDA SEBAGAI  
RANCANGAN BAHAN AJAR FISIKA SMA**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan

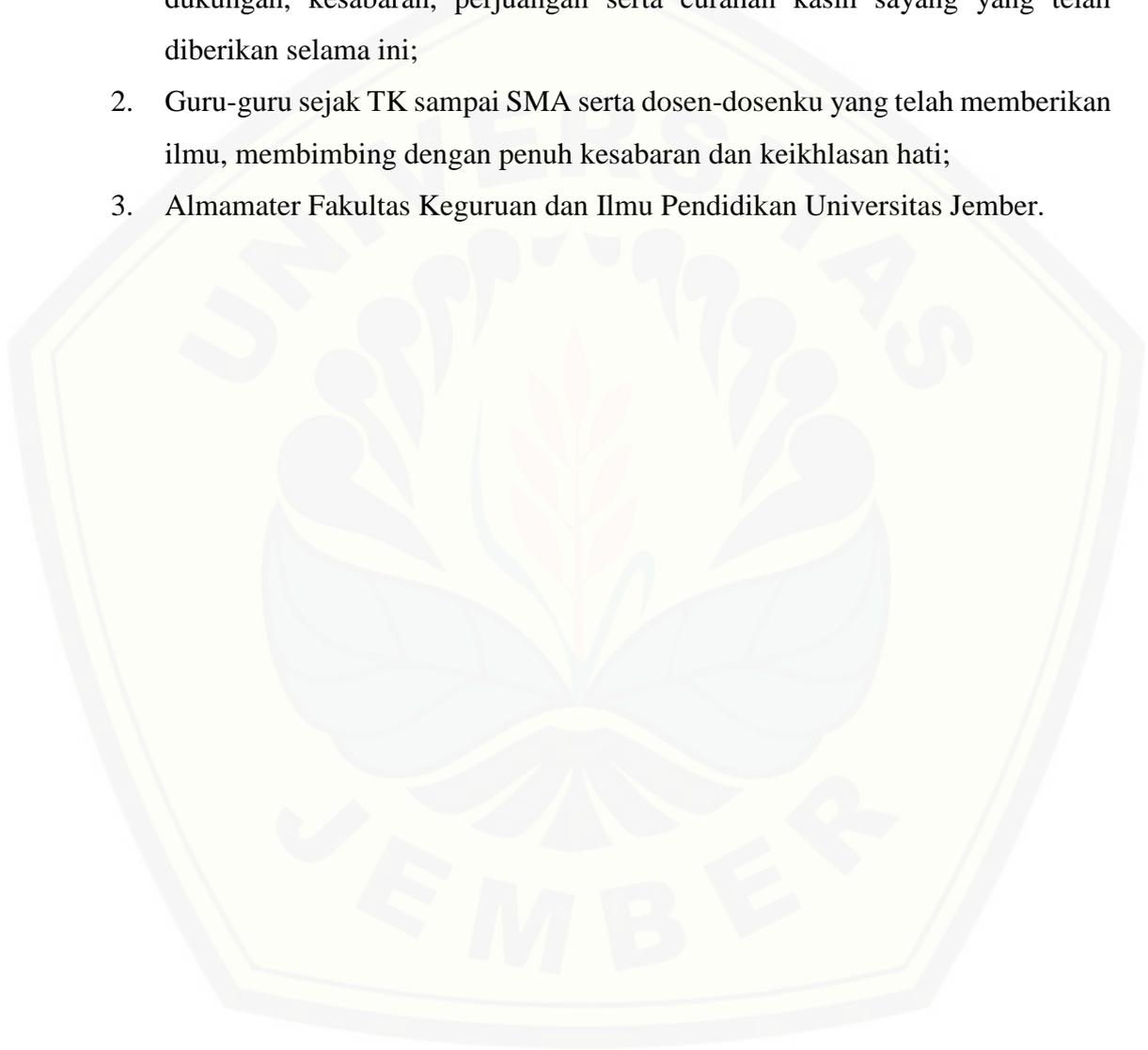
Oleh:  
**Sofwatul Faizah**  
**NIM 130210102095**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Cicik Harini dan Ayahanda Suwandi tercinta. Terimakasih atas untaian dzikir dan do'a yang telah mengiringi setiap langkahku dalam menuntut ilmu, dukungan, kesabaran, perjuangan serta curahan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Guru-guru sejak TK sampai SMA serta dosen-dosenku yang telah memberikan ilmu, membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.



**MOTTO**

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai dari sesuatu urusan, tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain, dan hanya kepada Tuhan-mulah engkau berharap.  
(terjemahan Surah *Al Insyirah* ayat 6-8)<sup>\*)</sup>



---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2008. *Al Hikmah Al Quran dan Terjemahannya*. Bandung: Diponegoro

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Sofwatul Faizah

NIM : 130210102095

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA” adalah benar-benar asli karya sendiri, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sebelumnya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Sofwatul Faizah

NIM 130210102095

**SKRIPSI**

**KAJIAN GERAK MELINGKAR PADA SEPEDA SEBAGAI  
RANCANGAN BAHAN AJAR FISIKA SMA**

Oleh

Sofwatul Faizah  
NIM 130210102095

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc.

Dosen Pembimbing II : Rayendra Wahyu Bachtiar, S.Pd., M.Pd.

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul “Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

hari, tanggal : Rabu, 25 Oktober 2017

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Drs. Bambang Supriadi, M.Sc.  
NIP 19680710 199302 1 001

Rayendra Wahyu B., S.Pd., M.Pd.  
NIP 19890119 201212 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Supeno, S.Pd., M.Si.  
NIP 19741207 199903 1 002

Dr. Sri Astutik, M.Si.  
NIP 19670610 199203 2 002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19680802 199303 1 004

## RINGKASAN

**Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA**; Sofwatul Faizah, 130210102095; 2017: 36 halaman; Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Gerak melingkar merupakan salah satu bagian dari kinematika gerak yang diajarkan di tingkat SMA. Kurangnya keterkaitan materi gerak melingkar dengan kehidupan sekitar membuat siswa kesulitan memahami materi gerak melingkar. Oleh karena itu, perlunya pembelajaran yang mengaitkan konsep dengan alam sekitar atau menggunakan pendekatan kontekstual. Pendekatan kontekstual dapat juga diterapkan pada bahan ajar siswa. Salah satu contoh gerak melingkar yang ada di sekitar kehidupan siswa adalah gerak pada roda sepeda. Sepeda adalah salah satu transportasi darat yang menggunakan tenaga manusia untuk menggerakkannya. Bersepeda adalah salah satu olahraga yang banyak digemari manusia. Sepeda yang berkembang saat ini memiliki variasi *chainring* (gir depan) dan variasi *sprocket* (gir belakang). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kajian gerak melingkar pada penggunaan variasi *chainring* dan variasi *sprocket* serta merancang bahan ajar kontekstual fisika untuk SMA.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang kajian gerak melingkar pada sepeda sebagai rancangan bahan ajar fisika SMA. Jenis penelitian ini adalah analisis deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan mengukur kecepatan sepeda dengan menggunakan variasi *chainring* dan variasi *sprocket* serta kecepatan pedal pada dua pengukuran di atas dibuat sama. Sepeda yang digunakan adalah *Polygon Broadway 3.0* yang memiliki 3 buah *chainring* dan 8 buah *sprocket*. Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan sepeda dan kecepatan pedal adalah *Strada Cadence CC-RD200*. Penelitian ini dilakukan di salah satu jalan Desa Wringin Anom Asembagus, Situbondo.

Hasil pengukuran kecepatan pedal yang digunakan baik saat menggunakan variasi *chainring* dan variasi *sprocket* adalah 45 rpm. Pengukuran pertama yaitu pengukuran kecepatan sepeda menggunakan variasi *chainring* dengan *sprocket*

terkecil, nilai kecepatan sepeda pada saat menggunakan diameter *chainring* 19,1 cm sebesar  $(20,2 \pm 0,05)$  km/h sedangkan pada saat penggunaan diameter *chainring* 15,1 cm dan 11,1 cm kecepatan menjadi  $(16,1 \pm 0,05)$  km/h dan  $(12,3 \pm 0,05)$  km/h. Pengukuran kedua yaitu pengukuran kecepatan sepeda menggunakan variasi *sprocket* dengan *chainring medium*, nilai kecepatan sepeda saat menggunakan diameter *sprocket* 12,7 cm adalah sebesar  $(6,2 \pm 0,05)$  km/h sedangkan saat penggunaan diameter *sprocket* 11,2 cm; 9,6 cm; 8,4 cm; 7,2 cm; 6,0 cm; 5,2 cm dan 4,4 cm kecepatan sepeda masing-masing sebesar  $(6,9 \pm 0,05)$  km/h;  $(7,7 \pm 0,05)$  km/h;  $(8,7 \pm 0,05)$  km/h;  $(9,9 \pm 0,05)$  km/h;  $(11,8 \pm 0,05)$  km/h;  $(13,7 \pm 0,05)$  km/h dan  $(15,1 \pm 0,05)$  km/h. Hasil analisis data digunakan sebagai acuan untuk mendesain rancangan bahan ajar kontekstual fisika SMA, khususnya materi gerak melingkar. Desain rancangan bahan ajar fisika pada gerak melingkar ini disesuaikan dengan kajian gerak melingkar yang ada pada saat pengambilan data.

Kesimpulan pada penelitian ini adalah: (1) Semakin besar diameter *chainring* dengan menggunakan kecepatan sudut pedal/*chainring* yang sama maka semakin besar nilai kecepatan sepeda. (2) Semakin besar diameter *sprocket* dengan menggunakan kecepatan sudut pedal/*chainring* yang sama maka semakin kecil nilai kecepatan sepeda. (3) Rancangan bahan ajar di desain dengan mengaitkan materi gerak melingkar dengan hasil penelitian mengenai sepeda. Contoh soal dan latihan soal dibuat berdasarkan analisis data hasil yang telah diperoleh.

## PRAKATA

Syukur Alhamdulillah atas berkat rahmat, serta hidayah Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu Syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak berikut ini.

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika, yang telah memfasilitasi dalam ijin melaksanakan ujian skripsi;
4. Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Rayendra Wahyu Bachtiar, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Dr. Supeno, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Sri Astutik, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah bersedia memberikan bimbingan, kritik dan saran dalam penelitian skripsi ini;
6. Pramudya Dwi Aristya Putra, S.Pd., M.Pd., dan Drs. Bambang Supriadi, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Bapak Supandi dan Siti Maymunawaroh yang telah membantu dalam proses penelitian;
8. Teman-teman mahasiswa Pendidikan Fisika angkatan 2013, kakak serta adik tingkat mahasiswa Pendidikan Fisika yang telah memberikan dukungan dan doanya;

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Besar harapan penulis bila segenap pembaca memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Penulis berharap, semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 13 Oktober 2017

Penulis



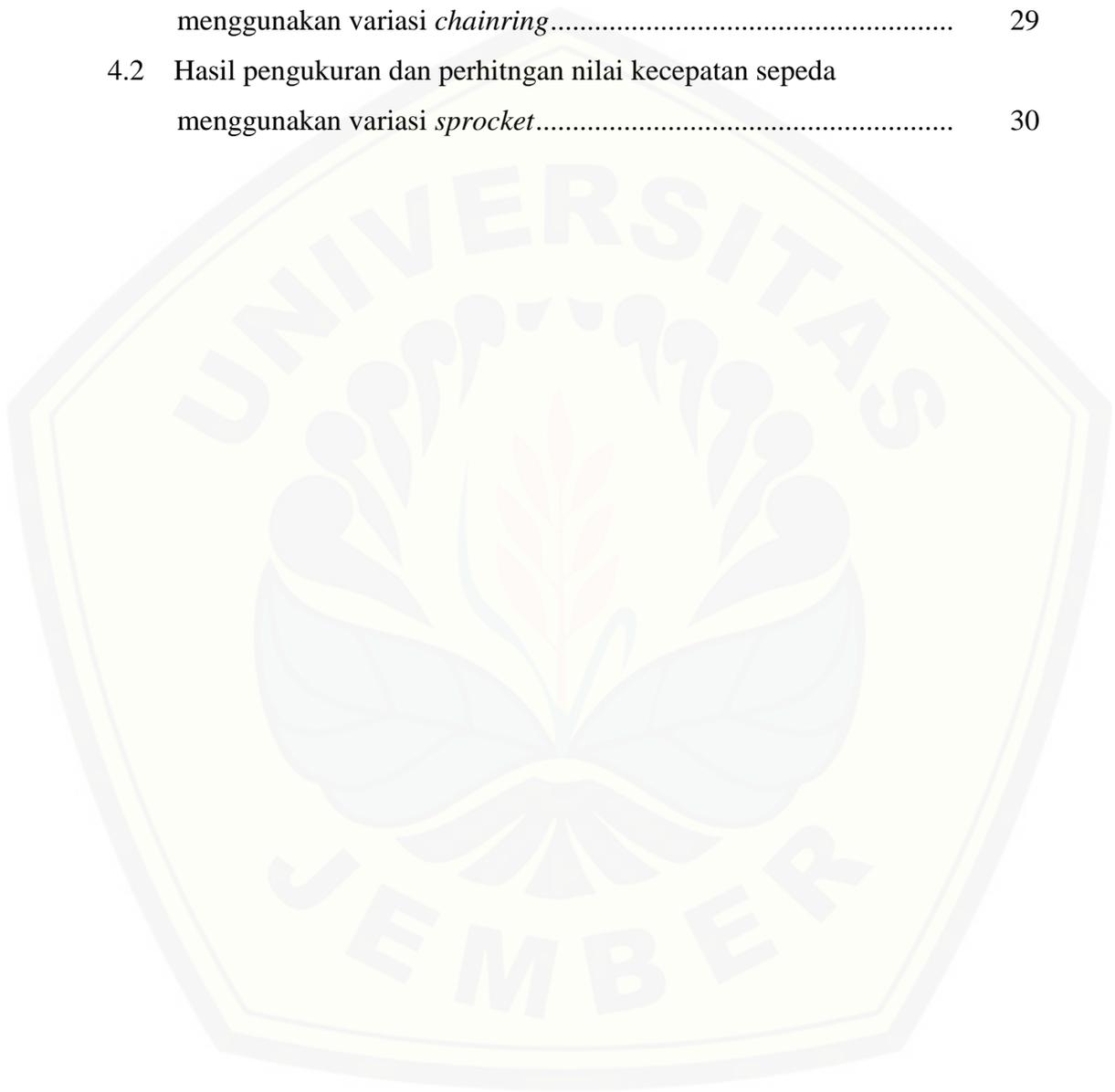
**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Gerak Melingkar</b> .....	6
<b>2.2 Sepeda</b> .....	17
<b>2.3 Rancangan Bahan Ajar</b> .....	19
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	21
<b>3.1 Jenis Penelitian</b> .....	22
<b>3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian</b> .....	22
<b>3.3 Alat Dan Bahan Penelitian</b> .....	22
<b>3.4 Alur Penelitian</b> .....	24
<b>3.5 Metode Pengumpulan Data</b> .....	25

<b>3.6 Metode Analisis Data</b> .....	26
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	28
<b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....	28
4.1.1 Pelaksanaan.....	28
4.1.2 Analisis Data .....	29
<b>4.3 Pembahasan</b> .....	31
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	36
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	36
<b>5.2 Saran</b> .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
4.1 Hasil pengukuran dan perhitungan nilai kecepatan sepeda menggunakan variasi <i>chainring</i> .....	29
4.2 Hasil pengukuran dan perhitungan nilai kecepatan sepeda menggunakan variasi <i>sprocket</i> .....	30

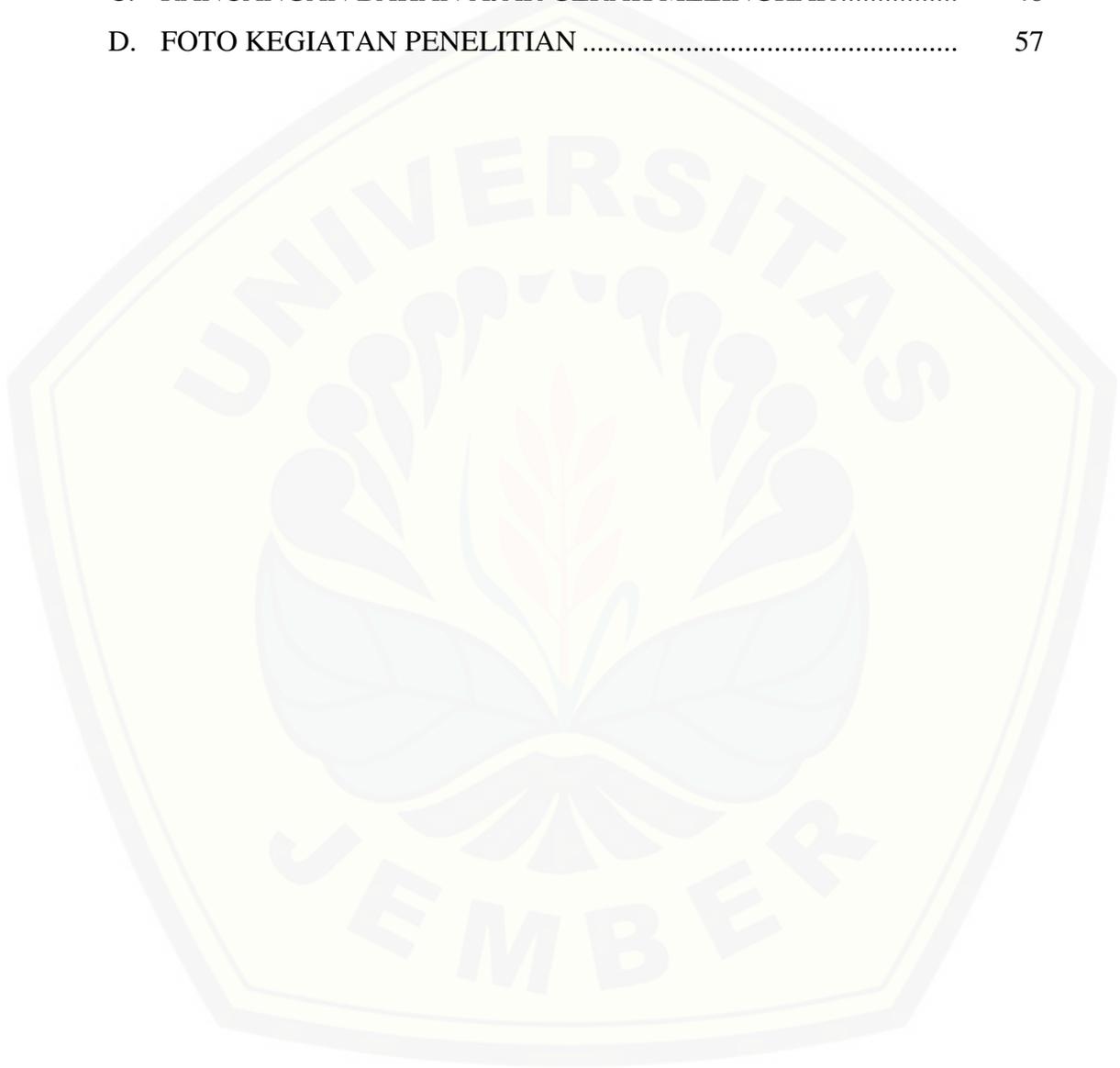


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Sudut .....	6
2.2 Perputaran roda .....	8
2.3 Perubahan kecepatan .....	10
2.4 Vektor percepatan dan vektor kecepatan .....	12
2.5 Gaya sentripetal.....	12
2.6 Komponen tangensial.....	13
2.7 Roda - roda sepusat .....	14
2.8 <i>Sprocket</i> dan roda belakang .....	15
2.9 Roda - roda saling bersinggungan.....	15
2.10 Mesin jam.....	16
2.11 Roda-roda terhubung dengan tali .....	16
2.12 Gir sepeda.....	17
2.13 Bagian-bagian sepeda gunung.....	18
3.1 <i>Polygon Broadway</i> .....	22
3.2 <i>Chainring</i> pada <i>Polygon Broadway 3.0</i> .....	23
3.3 <i>Sprocket</i> pada <i>Polygon Broadway 3.0</i> .....	23
3.4 Alur Penelitian .....	24
3.5 Desain rancangan bahan ajar kontekstual .....	27
4.1 Hubungan <i>chainring</i> dan <i>sprocket</i> .....	34
4.2 Hubungan <i>sprocket</i> dan roda belakang .....	34

**DAFTAR LAMPIRAN**

A. MATRIK PENELITIAN .....	39
B. PERHITUNGAN KECEPATAN SEPEDA .....	40
C. RANCANGAN BAHAN AJAR GERAK MELINGKAR .....	48
D. FOTO KEGIATAN PENELITIAN .....	57



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan salah satu bagian ilmu pengetahuan alam (IPA) yang mempelajari sifat dan akibat dari fenomena-fenomena alam. Fisika adalah suatu mata pelajaran yang terdapat di SMA. Menurut Indrawati (2007), fisika merupakan ilmu yang banyak mendasari perkembangan ilmu teknologi, serta sebagai ilmu yang banyak digunakan untuk menganalisis sebagian besar peristiwa alam dipelajari dalam fisika. Jadi, di dalam fisika tidak hanya berisi tentang sekumpulan rumus-rumus dan angka-angka, akan tetapi konsep fisika sangat berkaitan dengan kehidupan di alam.

Bagi sebagian siswa pelajaran fisika masih di anggap sulit. Dalam pembelajaran di sekolah jarang di ajarkan tentang contoh penerapan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga siswa merasa fisika merupakan pelajaran yang tidak bermanfaat setelah lulus nantinya (Sari dkk, 2013). Sedangkan pembelajaran kurikulum 2013 harus bersifat kontekstual, yaitu pembelajaran dengan mengaitkan dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran fisika yang kontekstual merupakan konsep belajar yang membantu guru mengaitkan antara materi yang diajarkan dengan situasi dunia nyata siswa dan mendorong siswa untuk membuat hubungan antara pengetahuan yang dimiliki dengan penerapan kehidupan mereka dalam kehidupan masyarakat (Depdiknas, 2003:5). Menurut Aprianti dkk (2015), pendidikan yang dijalankan selama ini masih memisahkan pengetahuan formal siswa dengan pengalaman sehari-hari siswa. Sehingga kemampuan siswa untuk mengaitkan konsep fisika dalam kehidupan sehari-hari masih kurang.

Selain itu, salah satu penyebab lain kesulitan siswa mempelajari fisika adalah bahan ajar yang digunakan. Sumber belajar berupa buku teks terbatas dan kurang menarik untuk dibaca atau ditelusuri oleh siswa (Tampubolon dkk, 2015). Oleh sebab itu, perlu diciptakan sebuah bahan ajar yang dapat membantu siswa memahami konsep fisika, yaitu berupa bahan ajar kontekstual. Bahan ajar kontekstual merupakan bahan atau materi pelajaran fisika yang berisikan contoh-contoh kontekstual fisika yang disusun secara sistematis berdasarkan prinsip-

prinsip pembelajaran kontekstual. Berdasarkan penelitian Oktaviani dkk (2017), terdapat pengaruh penggunaan bahan ajar fisika kontekstual dalam meningkatkan penguasaan konsep siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas yang diberi perlakuan dengan penggunaan bahan ajar kontekstual mengalami peningkatan penguasaan konsep yang lebih tinggi dari pada kelas tanpa penggunaan bahan ajar kontekstual.

Salah satu materi yang terdapat dalam fisika adalah gerak melingkar. Materi gerak melingkar merupakan salah satu bagian dari kinematika gerak yang di ajarkan di kelas X . Menurut Kusmanto dkk (2014), gerak melingkar termasuk materi fisika yang memiliki karakteristik konsep yang konkret dan sebagian abstrak. Persamaan-persamaan dalam gerak melingkar hanya diberikan secara teorinya saja. Proses pembelajaran, guru tidak menekankan atau memberikan pengalaman langsung kepada siswa, apalagi mengembangkan kompetensi agar dapat memahami alam sekitar secara ilmiah. Akibat dari kesulitan tersebut, siswa semakin kesulitan dalam memahami konsep gerak melingkar yang diajarkan. Oleh karena itu, perlunya pembelajaran yang mengaitkan konsep dengan alam sekitar atau menggunakan pendekatan kontekstual. Berdasarkan penelitian Bukhori (2013) yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan antara pemahaman konsep fisika siswa tentang gerak melingkar dengan metode CTL dan dengan metode ceramah. Dari hasil uji BRS (Beda Rata-rata Skor) diperoleh kesimpulan bahwa pemahaman konsep fisika melalui metode CTL lebih baik dari pada metode ceramah.

Salah satu contoh gerak melingkar yang ada di sekitar kehidupan siswa adalah gerak pada roda sepeda. Sepeda adalah salah satu transportasi darat yang menggunakan tenaga manusia untuk menggerakkannya. Bersepeda adalah salah satu olahraga yang banyak digemari manusia. Saat ini bersepeda bukan hanya sebagai olahraga, tetapi juga digunakan sebagai sarana rekreasi. Dengan bersepeda banyak manfaat yang di dapatkan, baik untuk lingkungan dan untuk tubuh pengendara. Bersepeda sangat berguna bagi kesehatan tubuh. Bersepeda dapat membantu mengurangi penyakit jantung dan memberikan peningkatan massa tulang otot yang lebih baik. Selain itu bersepeda juga dapat menurunkan berat badan, karena bersepeda dapat membantu mengelola berat badan (Sidjabat, 2016).

Selain menyehatkan tubuh, bersepeda sangat hemat uang. Karena jika berkendara bermotor akan mengeluarkan banyak biaya, seperti bensin, perawatan, pajak, parkir dan lain-lain. Sedangkan dengan bersepeda tidak akan memerlukan pengeluaran sebanyak itu. Maka dari itu, bersepeda di nilai lebih efisien dan efektif di gunakan di lingkungan yang saat ini penuh dengan polusi.

Saat ini perkembangan sepeda sangat pesat, mulai dari sepeda yang hanya memiliki kecepatan tetap sampai sepeda yang dapat di atur kecepatannya. Sepeda yang ada saat ini dapat mengubah kecepatan sesuai dengan kebutuhan. Salah satu bagian sepeda yang dapat mengatur besarnya kayuhan adalah gear, gear pada sepeda terdapat pada bagian depan dan belakang. Gear yang ada pada sebuah sepeda saat ini sangat bervariasi. Dengan mengatur gear, baik gear depan atau belakang dapat mempengaruhi kecepatan sepeda tersebut. Berdasarkan penelitian oleh Erickson dalam Prabin dkk (2016) meneliti untuk meningkatkan keuntungan mekanisme sepeda dengan mengubah diameter *sprocket*, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan meningkatkan diameter *sprocket*, maka akan diperoleh kecepatan yang lebih tinggi, sehingga keuntungan mekanis yang diperoleh lebih tinggi. Penelitian lain dilakukan oleh Singh dan Sharma (2014) yang meneliti untuk mengukur tingkat mengayuh optimal untuk daya yang diberikan output dengan menggunakan variasi *sprocket* atau gear belakang, menyatakan bahwa semakin besar *sprocket* maka akan menghasilkan daya semakin besar pula. Selain gear juga terdapat penelitian lain tentang sepeda. Berdasarkan Martin and Spirduso (2001) yang meneliti tentang pengaruh panjang engkol terhadap tingkat mengayuh optimal dan kecepatan pedal. Dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa tingkat mengayuh optimal menurun dengan meningkatnya panjang engkol, sedangkan kecepatan pedal optimal meningkat dengan semakin pendeknya engkol. Saat ini pada bagian *crank* terdapat *chainring* atau gear depan yang terdiri dari tiga macam. Pada penelitian ini akan mengkaji gerak sepeda yang di tinjau dari segi fisika yaitu pada materi gerak melingkar.

Berdasarkan uraian diatas, perlu diadakan penelitian dengan melakukan pengkajian pada gerak sepeda sehingga dapat di rancang bahan ajar kontekstual untuk siswa SMA untuk membantu siswa memahami fisika terutama pokok

bahasan gerak melingkar. Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA”**.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana kajian gerak melingkar pada variasi *chainring* sepeda?
- b. Bagaimana kajian gerak melingkar pada variasi *sprocket* sepeda?
- c. Bagaimana rancangan bahan ajar fisika SMA pada kajian sepeda?

### **1.3 Batasan Penelitian**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Penelitian ini dilakukan di lintasan yang lurus dan datar.
- b. Penelitian ini mengabaikan gesekan pada ban dan aspal jalan.
- c. Penelitian ini mengabaikan dorongan/hambatan angin.
- d. Penelitian ini menggunakan roda sepeda berdiameter 65 cm.
- e. Besaran gerak melingkar yang diukur dalam penelitian ini adalah kecepatan sepeda dan kecepatan pedal yang dibuat sama untuk setiap variasi *sprocket* dan *chainring*.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Mengkaji gerak melingkar pada variasi *chainring* sepeda.
- b. Mengkaji gerak melingkar pada variasi *sprocket* sepeda.
- b. Merancang bahan ajar fisika SMA pada kajian sepeda.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Bagi peneliti selanjutnya, dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan bahan ajar fisika di SMA.
- b. Bagi tenaga pendidik, hasil penelitian ini dapat dijadikan masukan dalam pemilihan contoh kejadian yang di kehidupan sehari-hari dalam proses pembelajaran.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Gerak Melingkar

Gerak melingkar adalah gerak yang berlangsung pada sebuah bidang yang berbentuk lingkaran. Gerak Melingkar terdiri dari dua, yaitu gerak melingkar beraturan dan gerak melingkar tak beraturan. Contoh gerak melingkar dalam kehidupan sehari-hari adalah berputarnya roda sepeda atau roda kendaraan bermotor.

#### 2.1.1 Kecepatan sudut dan percepatan sudut

Dalam mendeskripsikan gerak melingkar, cara paling alamiah untuk mengukur sudut  $\theta$  adalah bukan dalam derajat, tetapi dalam radian. Seperti terlihat pada gambar 2.1a, satu radian (1 rad) adalah sudut pada pusat lingkaran yang dibentuk oleh busur yang panjangnya sama dengan jari-jari lingkaran. Pada gambar 2.1b, sebuah sudut  $\theta$  dibentuk oleh sebuah busur dengan panjang  $s$  pada lingkaran yang berjari-jari  $r$  (Young and Freedman, 2000: 266). Nilai sudut  $\theta$  (dalam radian) didefinisikan sebagai rasio panjang busur  $s$  terhadap jari-jari  $r$ :

$$\theta = \frac{s}{r}, \text{ atau } s = r\theta \quad (2.1)$$



(a) Sudut 1 radian ;(b) Sudut sebesar  $\theta$   
Gambar 2.1 Sudut

Radian dapat dihubungkan dengan derajat. Di dalam satu lingkaran terdapat sudut sebesar  $360^\circ$ , yang bersesuaian dengan garis busur yang panjangnya sama dengan keliling lingkaran tersebut,  $s = 2\pi r$ . Sehingga di dalam satu lingkaran penuh,  $\theta = s/r = 2\pi r/r = 2\pi$  rad, dan karenanya

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

Satu radian adalah  $360^\circ/2\pi \approx 360^\circ/6,28 \approx 57,3^\circ$ . Sebuah benda yang bergerak satu putaran (*revolutio* - rev) penuh telah berputar melewati sudut sebesar  $360^\circ$ , atau  $2\pi$  radian:

$$1 \text{ putaran} = 360^\circ = 2\pi \text{ rad} \quad (2.2)$$

(Giancoli, 2014:249-250)

a. Kecepatan sudut

Gerak melingkar sering dideskripsikan dalam frekuensi  $f$  sebagai jumlah putaran per sekon. Periode  $T$  adalah dari sebuah benda yang berputar membentuk lingkaran adalah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu putaran.

$$f = \frac{n}{t} \quad (2.3)$$

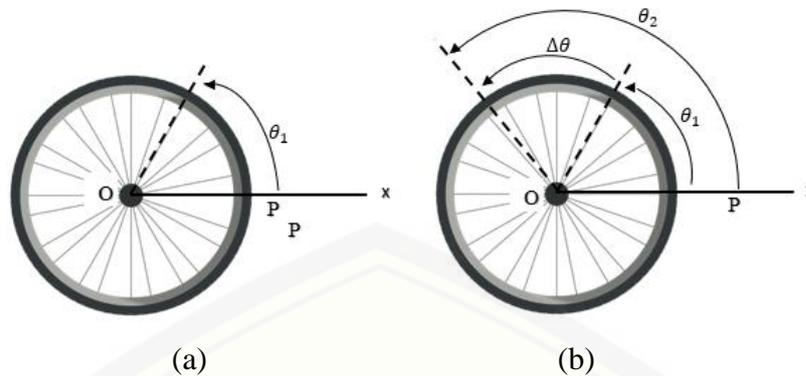
$$T = \frac{t}{n} \quad (2.4)$$

Hubungan antara frekuensi dan periode adalah

$$T = \frac{1}{f} \quad (2.5)$$

Bila sebuah benda, seperti roda sepeda dalam Gambar 2.2, sebuah garis acuan  $OP$  berputar membentuk sudut  $\theta_1$  pada waktu  $t_1$ . Pada waktu berikutnya  $t_2$ , sudut telah berubah menjadi  $\theta_2$ , maka perpindahan sudut roda tersebut adalah  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ . Maka, kecepatan sudut rata-rata (*average angular velocity*) (dilambangkan dengan  $\bar{\omega}$ , huruf kecil Yunani: omega) dari benda tersebut dari interval  $\Delta t = t_2 - t_1$ , adalah:

$$\bar{\omega} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$



(a) Sudut putaran awal roda; (b) Perubahan sudut putaran roda  
Gambar 2.2 Perputaran roda

Kecepatan sudut sesaat (*instantaneous angular velocity*)  $\omega$  merupakan limit dari  $\bar{\omega}$  saat  $\Delta t$  mendekati nol, yaitu turunan  $\theta$  terhadap  $t$ :

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad (\text{definisi kecepatan sudut}) \quad (2.6)$$

Jika sudut  $\theta$  dalam radian, satuan kecepatan sudut adalah radian per sekon (rad/s). Satuan lain yang juga sering digunakan adalah putaran (revolusi) per menit (rev/menit atau rpm). Karena 1 putaran =  $2\pi$  rad, dua konversi yang berguna adalah

$$1 \frac{\text{putaran}}{\text{s}} = 2\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \text{ dan } 1 \frac{\text{putaran}}{\text{menit}} = 1 \text{ rpm} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s} \quad (2.7)$$

Maka, 1 rad/s adalah sekitar 10 rpm (Giancoli, 2014: 251).

Hubungan kecepatan sudut  $\omega$  dengan frekuensi rotasi  $f$  (dalam persamaan 2.3). Satu putaran berhubungan dengan sudut  $2\pi$  radian. Maka, secara umum persamaan kecepatan sudut juga dapat ditulis dengan

$$\omega = 2\pi f \quad (2.8)$$

atau

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.9)$$

#### b. Percepatan sudut

Ketika kecepatan sudut benda tegar mengalami perubahan, berarti benda tersebut memiliki percepatan sudut. Jika  $\omega_1$  dan  $\omega_2$  merupakan kecepatan sudut sesaat pada waktu  $t_1$  dan  $t_2$ . Maka percepatan sudut rata-rata *average angular*

*acceleration*)  $\bar{\alpha}$  sepanjang interval  $\Delta t = t_2 - t_1$  sebagai perubahan kecepatan sudut dibagi dengan  $\Delta t$ :

$$\bar{\alpha} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

Percepatan sudut sesaat (*instantaneous angular acceleration*)  $\alpha$  adalah limit  $\bar{\alpha}$  saat  $\Delta t \rightarrow 0$ :

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \quad (\text{definisi percepatan sudut}) \quad (2.10)$$

Satuan percepatan sudut adalah radian per sekon per sekon, atau  $\text{rad/s}^2$ . Karena  $\omega = d\theta/dt$ , maka percepatan sudut juga dapat dinyatakan sebagai turunan kedua dari dari koordinat sudut:

$$\alpha = \frac{d}{dt} \frac{d\theta}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (2.11)$$

### 2.1.2 Kecepatan linier

Setiap partikel atau titik pada benda yang berotasi memiliki kecepatan linier  $v$  pada setiap saat. Jika sebuah benda yang berada pada jarak  $r$  dari sumbu rotasi, benda tersebut berotasi dengan kecepatan sudut  $\omega$  maka benda tersebut memiliki kecepatan linier yang arahnya menyinggung lintasan melingkarnya. Besar kecepatan  $v$ , adalah  $v = \Delta s/\Delta t$ . Dari persamaan 2.1, perubahan sudut  $\Delta\theta$  dihubungkan dengan jarak linier yang ditempuh oleh  $\Delta s = r \Delta\theta$ . Dengan demikian

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = r \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

atau

$$v = r\omega \quad (2.12)$$

(Giancoli, 2001:250)

### 2.1.3 Gerak Melingkar Beraturan dan Gerak Melingkar Tak Beraturan

#### a. GMB (Gerak Melingkar Beraturan)

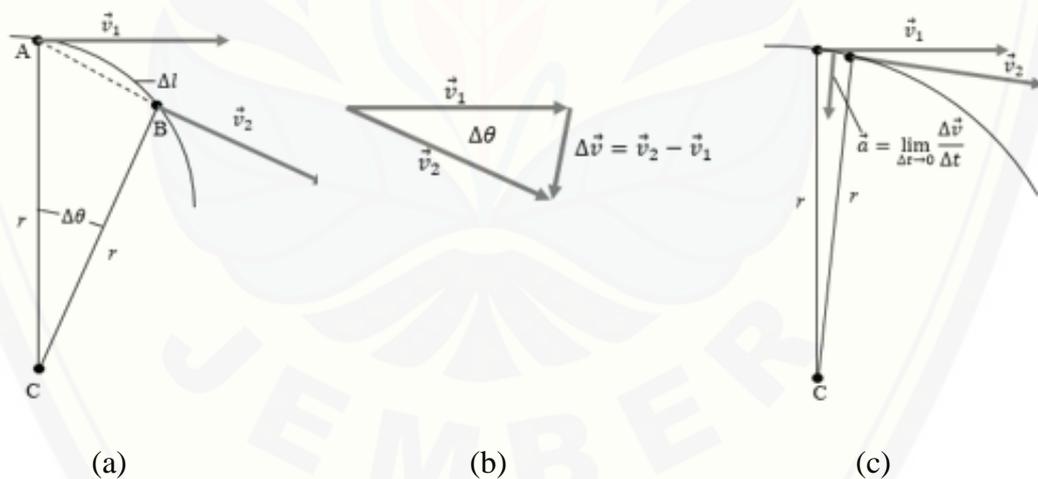
Gerak melingkar beraturan (*uniform circular motion*) merupakan sebuah gerak benda pada jalur berbentuk lingkaran dengan kecepatan konstan  $v$ . Walaupun kecepataannya konstan, namun arah kecepatan dalam gerak melingkar beraturan selalu berubah ketika benda bergerak didalam suatu lintaran melingkar (Gambar 2.3a). Karena arah pada GMB selalu berubah, maka pada gerak ini juga memiliki

percepatan walaupun besar kecepatan tetap sama ( $v_1 = v_2 = v$ ). Percepatan di definisikan sebagai.

$$a = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.13)$$

$\Delta v$  merupakan perubahan kecepatan dalam suatu jangka waktu yang pendek/singkat  $\Delta t$ . Dalam gambar 2.3a sebuah partikel bergerak dari titik A ke titik B, melintasi jarak sejauh  $\Delta l$  sepanjang garis busur yang melingkup sudut sebesar  $\Delta\theta$ . Perubahan vektor kecepatan adalah  $v_2 - v_1 = \Delta v$  yang dilukiskan pada gambar 2.3b.

Jika  $\Delta t$  bernilai sangat kecil, mendekati nol. Maka  $\Delta l$  dan  $\Delta\theta$  juga akan menjadi sangat kecil, dan  $v_2$  akan menjadi hampir sejajar dengan  $v_1$ , seperti gambar 2.3c. Pada dasarnya  $\Delta v$  akan tegak lurus terhadap kedua kecepatan ini. Maka,  $\Delta v$  menuju ke pusat lingkaran. Karena  $a$  menurut definisinya, searah dengan  $\Delta v$ , maka vektor ini menunjuk ke pusat lingkaran. Dengan demikian percepatan ini disebut dengan percepatan sentripetal



(a) Gerak partikel A ke B; (b) Perubahan vektor kecepatan ; (C) Gerak partikel dengan  $\Delta t$  sangat kecil

Gambar 2.3 Perubahan kecepatan

Percepatan sentripetal  $a_R$  pada gerak melingkar adalah percepatan yang menuju titik pusat lingkaran. Percepatan sentripetal disebut juga dengan percepatan radial, karena arahnya sejajar jari-jari atau *radius*, menuju ke pusat lingkaran.

Pada gambar 2.3a,  $\Delta\theta$  merupakan sudut yang dibentuk di antara CA dan CB, juga merupakan sudut di antara  $v_1$  dan  $v_2$ . Sehingga vektor-vektor  $v_1$ ,  $v_2$  dan  $\Delta v$

pada gambar 2.3b membentuk sebuah segitiga yang secara sebangun dengan segitiga ACB dalam gambar 2.3a. Jika  $\Delta\theta$  sangat kecil ( $\Delta t$  sangat kecil), dan menetapkan  $v = v_1 = v_2$ , maka

$$\frac{\Delta v}{v} \approx \frac{\Delta l}{r}$$

Untuk menentukan percepatan sesaat  $\Delta v$ , maka menjadikan  $\Delta t$  bernilai mendekati nol. Sehingga panjang busur  $\Delta l$  akan sama dengan panjang tali busur AB. Maka persamaan di atas dapat ditulis dengan

$$\Delta v = \frac{v}{r} \Delta l$$

Untuk mendapatkan percepatan sentripetal  $a_R$ , maka membagi  $\Delta v$  dengan  $\Delta t$ :

$$a_R = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v}{r} \frac{\Delta l}{\Delta t}$$

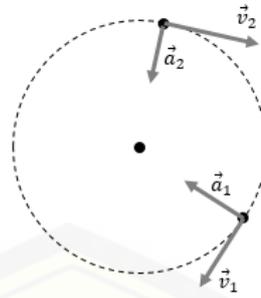
Dengan  $\Delta l/\Delta t$  merupakan kecepatan linier,  $v$ . Sehingga percepatan sentripetal (radial) dinyatakan sebagai

$$a_R = \frac{v^2}{r} \quad (2.14)$$

(Giancoli, 2014: 136-137)

Jadi sebuah benda yang bergerak dalam sebuah lingkaran yang berjari-jari  $r$  dengan kecepatan konstan  $v$  mengalami percepatan yang arahnya menuju ke pusat lingkaran yang besarnya adalah  $a_R = v^2/r$ . Semakin besar kecepatan  $v$ , maka semakin cepat perubahan arah kecepatan; dan semakin besar jari-jari, maka semakin lambat perubahan arah kecepatannya.

Vektor percepatan menunjuk ke arah pusat lingkaran dan vektor kecepatan selalu menuju ke arah gerakan, yang mengarah tangensial terhadap keliling lingkaran. Sehingga vektor kecepatan dan vektor percepatan saling tegak lurus di setiap titik pada lintasan gerak melingkar beraturan, seperti gambar 2.4.



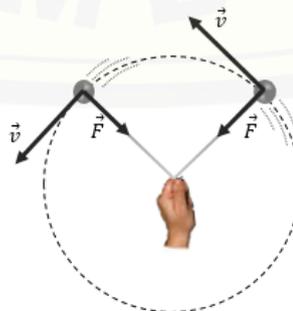
Gambar 2.4 Vektor percepatan dan vektor kecepatan

Menurut hukum kedua Newton ( $\sum F = m \cdot a$ ), sebuah benda dapat bergerak di percepat bila terdapat gaya yang bekerja pada benda itu. Maka, pada sebuah benda yang bergerak dalam suatu lintasan melingkar, terdapat suatu gaya yang bekerja untuk mempertahankan benda tetap berada di dalam lintasan lingkaran tersebut. Gaya ini diperlukan untuk menimbulkan percepatan sentripetal pada benda tersebut. Besar gaya ini dapat di hitung dengan menggunakan hukum kedua Newton untuk komponen arah radial,  $\sum F_R = m \cdot a_R$ , dimana  $a_R$  merupakan percepatan sentripetal,  $a_R = v^2/r$ , dan  $\sum F_R$  adalah gaya total yang bekerja pada arah radial:

$$\sum F_R = m \cdot a_R = m \frac{v^2}{r} \quad (2.15)$$

Gaya ini disebut dengan gaya sentripetal yang mengarah ke titik pusat lingkaran (gambar 2.5). Gaya sentripetal dibutuhkan untuk mempertahankan benda agar tetap bergerak dalam sebuah lingkaran. Jika kecepatan benda itu konstan, maka gaya tersebut akan mengarah ke titik pusat lingkaran.

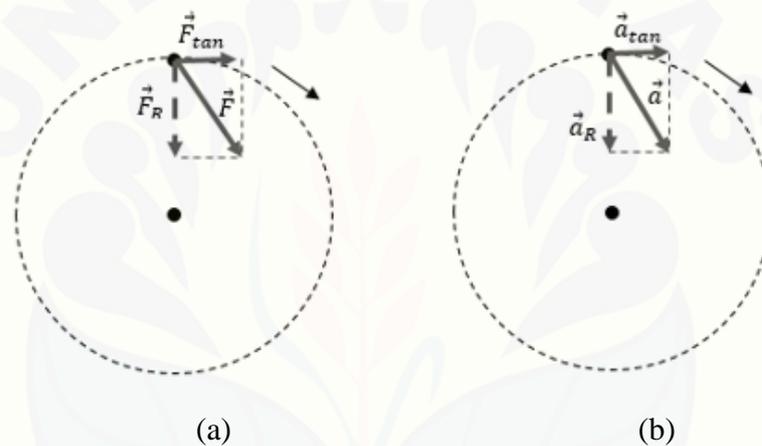
(Giancoli, 2014: 139)



Gambar 2.5 Gaya sentripetal

### b. Gerak Melingkar Tak Beraturan

Gerak melingkar beraturan terjadi apabila gaya pada sebuah benda bekerja menuju ke pusat lingkaran. Sedangkan pada gerak melingkar tak beraturan gaya tidak mengarah pada pusat lingkaran, melainkan miring membentuk sudut terhadap jari-jari lingkaran, seperti gambar 2.6a. Gaya ini memiliki dua komponen, yaitu komponen yang mengarah ke pusat lingkaran  $F_R$ , menghasilkan percepatan sentripetal  $a_R$  pada benda, dan mempertahankan benda bergerak dalam lingkaran. Komponen tangensial terhadap keliling lingkaran,  $F_{tan}$ , yang bekerja memperbesar atau memperkecil kecepatan benda, menghasilkan percepatan yang mengarah tangensial terhadap lingkaran,  $a_{tan}$ .



(a) Gaya tangensial; (b) percepatan tangensial  
Gambar 2.6 Komponen tangensial

Komponen tangensial dari percepatan,  $a_{tan}$ , adalah sama dengan perubahan kecepatan benda:

$$a_{tan} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2.16)$$

Percepatan tangensial selalu menunjuk ke arah yang tangensial terhadap keliling lingkaran, dan searah dengan gerak benda (sejajar dengan  $v$ , yang juga selalu mengarah tangensial terhadap lingkaran). Pada gambar 2.6b,  $a_{tan}$  selalu mengarah tegak lurus terhadap  $a_R$ , dan arah kedua vektor ini berubah secara berkelanjutan selama benda bergerak di dalam lingkaran. Vektor percepatan total  $a$  adalah penjumlahan dari kedua vektor ini:

$$a = a_{tan} + a_R \quad (2.17)$$

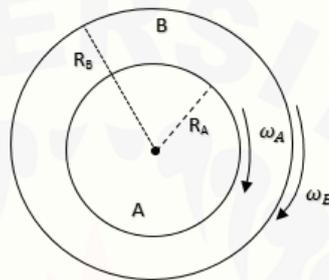
Karena  $\vec{a}_{tan}$  dan  $\vec{a}_R$  selalu tegak lurus, maka besar  $\vec{a}$  pada setiap saat adalah

$$a = \sqrt{a_{tan}^2 + a_R^2} \quad (2.18)$$

(Giancoli, 2014: 146)

#### 2.1.4 Hubungan roda-roda

##### a. Roda-roda sepusat



Gambar 2.7 Roda-roda sepusat

Roda-roda yang sepusat adalah jika sebuah roda A dan roda B memiliki titik pusat yang sama. Oleh karena dalam selang waktu yang sama, sudut pusat yang ditempuh kedua roda adalah sama. Maka, arah putaran dan kecepatan sudut kedua roda adalah sama. Sehingga di peroleh hubungan:

$$\omega_A = \omega_B \quad (2.19)$$

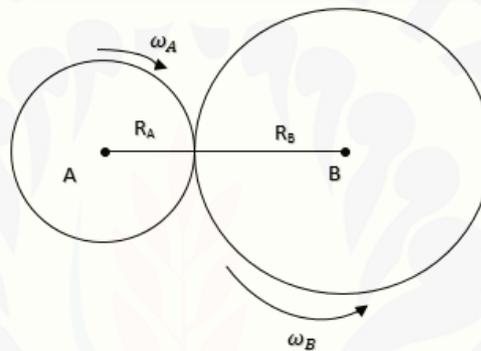
$$\frac{v_A}{r_A} = \frac{v_B}{r_B} \quad (2.20)$$

Contoh hubungan roda-roda sepusat dalam kehidupan sehari-hari adalah *sprocket* dan roda belakang sepeda. Saat sepeda bergerak maju, roda belakang dan *sprocket* bergerak sama searah jarum jam. Dalam selang waktu tertentu, roda belakang dan *sprocket* menempuh sudut yang sama. Maka *sprocket* dan roda belakang sepeda memiliki kecepatan sudut yang sama.



Gambar 2.8. *Sprocket* dan roda belakang sepeda (Sumber: dokumen pribadi)

b. Roda-roda bersinggungan



Gambar 2.9 Roda-roda saling bersinggungan

Jika roda A dan roda B mempunyai jari-jari yang berbeda, kedua pinggir roda saling bersinggungan, maka kedua roda akan mempunyai arah putar yang berbeda tetapi laju liniernya sama. Sehingga persamaannya dapat di tulis:

$$v_A = v_B \quad (2.21)$$

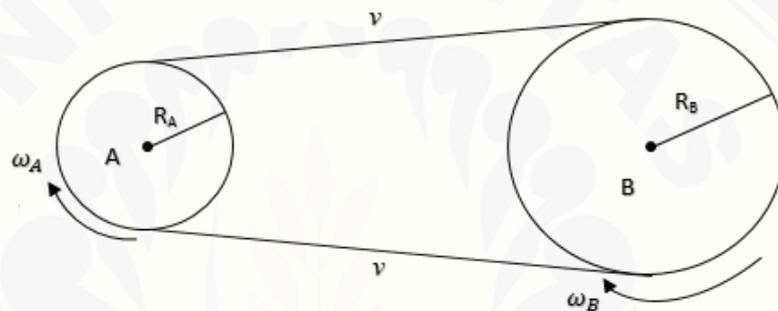
$$\omega_A r_A = \omega_B r_B \quad (2.22)$$

Contoh hubungan roda-roda yang saling bersinggungan dalam kehidupan sehari-hari adalah mesin jam. Mesin jam menggunakan roda-roda gigi bersinggungan. Saat satu gigi berputar searah jarum jam, maka roda kedua akan ikut berputar berlawanan jarum jam. Pada titik persinggungan, besar kecepatan linier kedua roda adalah sama. Sedangkan kecepatan sudutnya berbeda, tergantung besar jari-jari roda.



Gambar 2.10 Mesin jam (sumber: [www.noer-rachman.biz](http://www.noer-rachman.biz))

c. Roda-roda dihubungkan dengan tali



Gambar 2.11 Roda-roda terhubung dengan tali

Jika dua buah roda sedang berputar, keduanya mempunyai jari-jari yang berbeda, satu sama lain dihubungkan dengan sebuah rantai. Rantai penghubung mempunyai kecepatan linier yang tetap, artinya kedua pinggir roda A dan pinggir roda B memiliki kecepatan linier yang sama dan arah putar keduanya adalah sama. Akan tetapi keduanya mempunyai kecepatan sudut yang berbeda. Jadi hubungan antara keduanya dapat dituliskan dengan.

$$v_A = v_B \quad (2.23)$$

$$\omega_A r_A = \omega_B r_B \quad (2.24)$$

Contoh roda-roda yang dihubungkan dengan tali adalah *chainring* dan *sprocket* pada sepeda. Jika sepeda di kayuh, maka pedal akan menggerakkan *chainring* dan *sprocket* yang berputar searah jarum jam. Sedangkan rantai dipasangkan pada luar *chainring* dan *sprocket* untuk menghubungkan keduanya. Pada saat bergerak, kecepatan rantai menyinggung bagian luar *chainring* dan *sprocket*, kecepatan gerak rantai ini merupakan kecepatan linier keduanya.

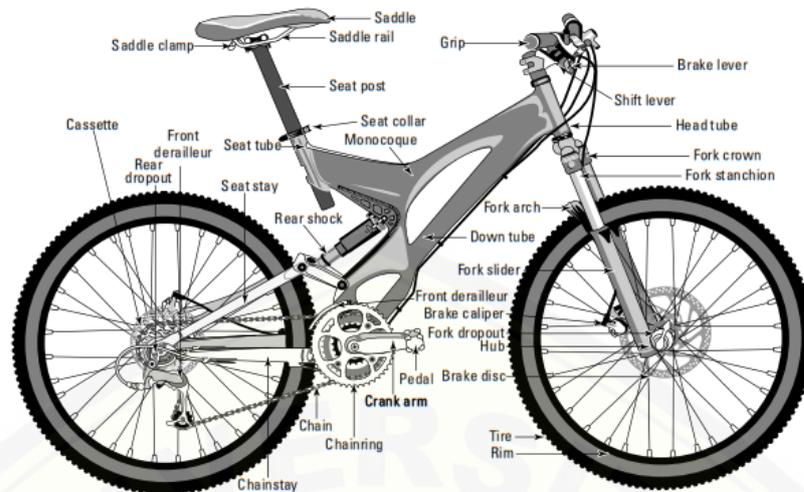


Gambar 2.12 Gir sepeda (Sumber: dokumen pribadi)

## 2.2 Sepeda

Sepeda merupakan salah satu kendaraan dengan tenaga manusia. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (kbbi, 2017) sepeda merupakan kendaraan beroda dua atau tiga, mempunyai stang, tempat duduk, dan sepasang pengayuh yang digerakkan kaki untuk menjalankannya. Bersepeda merupakan salah satu cara agar manusia dapat bergerak lebih cepat pada jarak jauh dengan usaha yang lebih sedikit daripada berjalan kaki.

Sepeda dapat melaju dengan lambat atau cepat karena adanya gear. Gear merupakan salah satu bagian yang ada pada sepeda, yaitu roda bergigi yang terdapat pada bagian depan dan belakang sepeda. Gear yang kecil memungkinkan melewati lintasan yang curam, gear yang besar dapat mendorong pengendara secara cepat, sedangkan gear medium merupakan gear yang ideal dan nyaman digunakan untuk perjalanan santai (Downs, 2005:303). Pergeseran gear dari gear yang lebih lambat (gear 1) ke gear yang lebih cepat (seperti gear 2 atau 3) disebut upshift. Sedangkan pergeseran gear dari gear yang lebih cepat menuju gear yang lebih lambat disebut downshift (KHS, 2015:29). Sepeda memiliki beberapa bagian, diantaranya sebagai berikut:



Gambar 2.13 Bagian-bagian sepeda gunung (Sumber: Bailey and Gates, 2009:22)

- a. *Fork* (garpu sepeda): struktur bagian yang menempel pada *frame* yang terdapat di roda depan. *Fork* ini memungkinkan pengendara mengendalikan sepeda.
- b. *Derailleur* (pemindah gir): terdapat dua bagian, yaitu *derailleur* bagian depan (*front derailleur*) untuk memindahkan rantai saat mengubah gir depan pada *crankset*. Dan *derailleur* belakang (*rear derailleur*) untuk menggerakkan rantai saat mengubah gir di roda belakang.
- c. *Chain* (rantai sepeda): menghubungkan gigi depan dan roda gigi belakang.
- d. *Freewheel* (roda bebas): kumpulan roda gigi yang rantainya berputar untuk menggerakkan kekuatan penggerak ke roda belakang.
- e. *Crankset* (komponen pedal): bagian yang diputar oleh kaki pengendara. Pada *crankset* terdiri dari dua lengan pengangkat yang disebut dengan engkol, satu sampai tiga *chainring*, dan *bottom bracket*.
- f. *Chainring* (gir depan): gigi depan sepeda.
- g. *Seat stay* : menghubungkan *rear dropout* dan seat, yang terdapat di atas *chainstay*.
- h. *Chainstay* : menghubungkan *bottom bracket* dan *rear dropout*
- i. *Rear Dropout* : letak poros roda belakang.
- j. *Bottom bracket* (silinder): terdapat pada tengah engkol, berguna sebagai poros putar *chainring*.
- k. *Wheel* (roda): terdiri dari *hub*, jari-jari, pelek, ban dan tabung

- l. *Hub*: perakitan di bagian tengah roda yang menampung bantalan poros dan mengikat jari-jari.
- m. *Freehub*: gabungan hub dan *freewheel* menjadi satu kesatuan.
- n. *Spokes* (jari-jadi roda): kabel yang terdapat di rim dan hub
- o. *Rim* (vleg roda): lingkaran di tepi luar roda untuk menahan ban roda.
- p. *Tire* (ban): lingkaran karet di bagian tepi roda.
- q. *Headset* (penahan stang): tiang penahan bagian stang sepeda dari garpu sampai ke *frame* dan *saddle*
- r. *Pedal* (pemijak kaki): bagian yang terdiri dari bantalan pada lengan pedal, digunakan untuk menggerakkan sepeda.
- s. *Seat post* (penahan sadel): tiang (berupa tabung logam) yang menempel pada *saddle* ke *frame*. *Seat post* menggunakan pegas untuk memudahkan pengendara untuk menaik turunkan *seat post* lebih cepat.
- t. *Saddle* (sadel): strutur lembut untuk menopang kedudukan pengendara.
- u. *Sprocket/cassete* (gir belakang): gigi belakang sepeda
- v. *Stem*: bagian yang menghubungkan handlebar dan fork depan. Berfungsi untuk menahan garpu depan sepeda agar tetap terikat pada rangka *frame*.
- w. *Handlebar* (stang): terdapat di tangan pengendara untuk mengendalikan sepeda.
- x. *Brake lever* (tuas rem): tuas yang digunakan pada tangan pengendara untuk mengendalikan fungsi pengereman.
- y. *Shift lever* (tuas pengatur pemindahan gigi): tuas yang digunakan pada tangan pengendara untuk mengendalikan *derrailleur*.
- z. *Brake caliper*: bagian yang menekan pelek untuk mengendalikan kecepatan sepeda.

### 2.3 Rancangan Bahan Ajar

Bahan ajar merupakan salah satu perangkat pembelajaran yang sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran. Bahan ajar penting digunakan dalam pembelajaran, karena bahan ajar berfungsi sebagai alat bantu dalam kegiatan pembelajaran, dengan menggunakan bahan ajar lebih menekankan pada aktivitas

siswa di banding guru (Setyowati dkk, 2013). Bahan ajar yang telah tersusun memiliki peranan penting dalam pembelajaran. Menurut Majid (2007: 174) , bahan ajar adalah segala bentuk bahan, informasi, alat dan teks yang digunakan untuk membantu guru/instruktur/dosen dalam melaksanakan belajar-mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa tertulis maupun bahan yang tidak tertulis. Bahan ajar atau materi kurikulum adalah isi atau muatan kurikulum yang harus dipahami oleh siswa dalam upaya mencapai tujuan kurikulum. Sedangkan menurut Hanifah (2014) bahan ajar terdiri atas alat-alat bantu untuk pembelajaran yang disusun secara sistematis baik tertulis maupun tidak. Dari beberapa penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa bahan ajar adalah segala bentuk sesuatu baik tertulis maupun tidak tertulis yang digunakan sebagai alat bantu belajar di sekolah untuk menunjang keberhasilan pembelajaran.

Bentuk bahan ajar sangat beragam, salah satunya bahan ajar cetak. Bahan ajar cetak (*printed*), yakni sejumlah bahan yang disiapkan dalam kertas, yang dapat berfungsi untuk keperluan pembelajaran atau penyampaian informasi. Contohnya: handout, buku, modul, lembar kerja siswa, brosur, *wallchart*, *leaflet*, foto atau gambar (Prastowo, 2014:40). Bahan ajar yang banyak digunakan di sekolah adalah bahan berupa buku, yang selama ini masih merupakan sumber utama pembelajaran siswa di sekolah.

Untuk membantu siswa dalam mempelajari fisika, maka dibutuhkan bahan ajar yang bisa mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari atau yang lebih dikenal dengan pembelajaran kontekstual. Pembelajaran kontekstual atau CTL (Contextual Teaching and Learning) merupakan suatu pendekatan yang kini banyak digunakan dalam proses pembelajaran. CTL mengasumsikan bahwa peranan pendidik adalah membantu siswa menemukan makna dalam pendidikan dengan cara menerapkan pengetahuan tersebut di dunia nyata (Hobri, 2009:20). Dengan menggunakan bahan ajar yang kontekstual, siswa akan mudah memahami materi karena siswa dapat melihat secara riil konsep fisika tersebut. Oleh sebab itu sebelum dibuat bahan ajar, maka perlu di buat rancangan bahan ajar terlebih dahulu, sehingga nantinya dikembangkan menjadi bahan ajar kontekstual untuk siswa.

Dari pengertian tersebut, rancangan bahan ajar adalah sebuah dasar sebagai acuan untuk membuat bahan ajar yang menjelaskan materi pembelajaran kontekstual. Dalam penelitian ini akan dibuat rancangan bahan ajar fisika pada kajian sepeda dengan pokok bahasan gerak melingkar.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data dan menganalisisnya berdasarkan teori/konsep yang bersifat umum untuk mendeskripsikan objek yang sedang diteliti. Dalam penelitian ini akan mengkaji konsep gerak melingkar pada sepeda sebagai rancangan bahan ajar gerak melingkar dalam pembelajaran fisika di SMA.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk mengkaji konsep gerak melingkar pada sepeda dilaksanakan dengan melakukan study lapangan di jalan Wringin Anom, Asembagus, Situbondo. Waktu pelaksanaan penelitian pada semester ganjil tahun ajaran 2016/2017.

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian yang digunakan untuk mendapatkan data-data yang kontekstual dalam mengkaji materi gerak melingkar pada sepeda dan digunakan sebagai data dalam merancang bahan ajar sebagai berikut.

- a. Sepeda *Polygon Broadway 3.0* yang memiliki 3 *chainring* dan 8 *sprocket*.



Gambar 3.1 *Polygon Broadway 3.0*



Gambar 3.2 *Chainring* pada *Polygon Broadway 3.0*

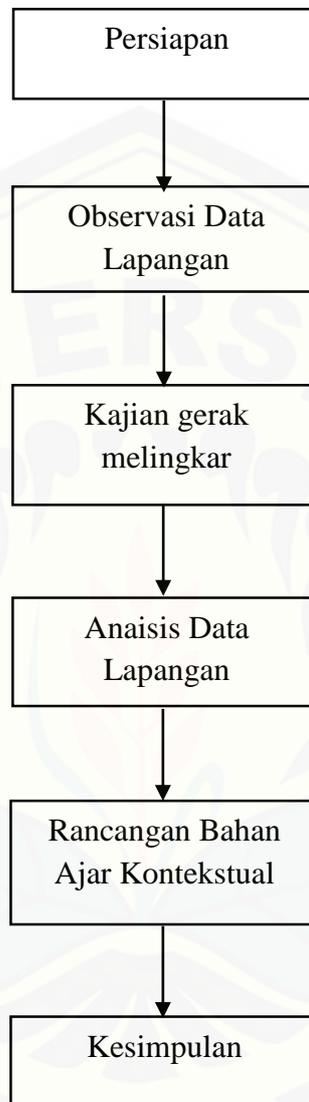


Gambar 3.3 *Sprocket* pada *Polygon Broadway 3.0*

- b. Penggaris, digunakan untuk mengukur diameter *chainring* dan *sprocket*.
- c. Meteran, digunakan untuk mengukur diameter roda sepeda, dimana diameter roda dalam perhitungan diukur dari pusat lingkaran roda sampai pada letak posisi magnet sensor pengukur kecepatan sepeda.
- d. *Cateye Strada Cadence CC-RD200*, digunakan untuk mengukur besar kecepatan tempuh dan kecepatan pedal.
- e. Kamera, digunakan untuk mendokumentasi pelaksanaan penelitian

### 3.4 Alur Penelitian

Penelitian ini mempunyai alur sebagai berikut :



Gambar 3.4 Alur Penelitian

- a. Mempersiapkan alat dan bahan  
Mempersiapkan alat dan bahan yang telah di sebutkan sebelumnya.
- b. Observasi data lapangan  
Mengambil data sesuai kajian fisika pada sepeda.
- c. Kajian gerak melingkar  
Mengkaji materi gerak melingkar dengan data lapangan yang telah diperoleh.

d. Analisis data lapangan

Menganalisis data yang telah diperoleh untuk merancang bahan ajar kontekstual.

e. Pembuatan rancangan bahan ajar

Setelah kajian fisika pada sepeda dianalisis dan dibahas akan dibuat sebuah rancangan bahan fisika kontekstual untuk SMA.

f. Kesimpulan

Langkah terakhir adalah membuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data merupakan suatu cara untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam penelitian. Adapun metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara observasi secara langsung di tempat penelitian. Data tersebut diambil saat bersepeda menggunakan variasi *chainring* dengan salah satu *sprocket*, yaitu *sprocket* terkecil dan bersepeda dengan menggunakan variasi *sprocket* dengan salah satu *chainring*, yaitu *chainring medium*. Pengukuran diameter *chainring* dan *sprocket* dilakukan dengan menghitung jumlah gigi pada tiap *chainring* dan *sprocket*. Kemudian menghitung keliling tiap *chainring* dan *sprocket*, dimana jarak antar gigi adalah sebesar 1,25 cm. Pengukuran jarak antar gigi dilakukan dengan menggunakan mistar, yang memiliki ketelitian 0,05 cm.

Data-data yang terkait gerak melingkar pada penelitian ini diukur dengan *Cateye Strada Cadence*. Data yang akan diperoleh adalah kecepatan sepeda dan kecepatan pedal. Pengukuran  $\omega_{sepeda}$  dan  $v_{pedal}$  menggunakan *Strada Cadence* yang memiliki nst masing-masing 1 rpm dan 0,1 km/h, artinya masing-masing memiliki ketelitian 0,5 rpm dan 0,05 km/h. Kecepatan pedal di setiap penggunaan variasi *chainring* dan *sprocket* di usahakan sama. Perolehan data ini dilakukan dengan menggunakan 1 orang, baik saat menggunakan variasi *chainring* dan variasi *sprocket*.

### 3.6 Metode Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil observasi di lapangan merupakan data kasar, sehingga data tersebut perlu di analisis untuk menjawab rumusan masalah yang sudah ditentukan. Data-data tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3.1 Data gerak melingkar pada variasi *chainring* sepeda

$D_{chainring}$	$\omega_{sepeda}$	$v_{sepeda}$	
		Pengukuran	Perhitungan

Tabel 3.1 Data gerak melingkar pada variasi *sprocket* sepeda

$D_{sprocket}$	$\omega_{sepeda}$	$v_{sepeda}$	
		Pengukuran	Perhitungan

Hasil pengukuran juga dapat diperoleh dari perhitungan, perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan pada hubungan roda-roda. Berikut persamaan yang digunakan pada gerak sepeda

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$v_c = v_s$$

$$\omega_c r_c = \omega_s r_s$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\omega_s = \omega_r$$

$$\frac{v_s}{r_s} = \frac{v_r}{r_r}$$

Keterangan :

$v_c$  = kecepatan *chainring*

$v_s$  = kecepatan *sprocket*

$\omega_c$  = kecepatan sudut *chainring*

$\omega_s$  = kecepatan sudut *sprocket*

$r_c$  = jari-jari roda belakang

$r_s$  = jari-jari *sprocket*

$r_r$  = jari-jari roda belakang

$v_r$  = kecepatan roda belakang /

$\omega_r$  = kecepatan

kecepatan sepeda

Data-data yang diperoleh digunakan untuk mengkaji gerak melingkar pada gerak sepeda. Data tersebut dikaji berdasarkan gerak melingkar yang diajarkan di SMA. Hasil kajian tersebut digunakan untuk merancang bahan ajar kontekstual khususnya materi gerak melingkar di SMA. Rancangan bahan ajar ini terdiri dari materi, contoh soal dan latihan soal. Materi dalam rancangan bahan ajar ini berisi peristiwa kontekstual pada gerak melingkar. Materi disajikan dengan mengaitkan peristiwa gerak sepeda dengan gerak melingkar yang disesuaikan dengan pembelajaran di SMA. Contoh soal dan latihan soal dalam rancangan bahan ajar kontekstual ini juga berupa persoalan gerak melingkar yang ada pada sepeda. Contoh soal dan latihan ini berupa soal-soal esai. Berikut ini desain rancangan bahan ajar kontekstual.

<b>Tinjauan Fisika pada sepeda</b>	
<b>Pokok bahasan Gerak Melingkar</b>	
1. Materi	..... ..... .....
2. Contoh soal	..... ..... .....
3. Latihan soal	..... .....

Gambar 3.5 Desain rancangan bahan ajar kontekstual

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Semakin besar diameter *chainring* dengan menggunakan kecepatan sudut pedal/*chainring* yang sama maka semakin besar nilai kecepatan sepeda.
- b. Semakin besar diameter *sprocket* dengan menggunakan kecepatan sudut pedal/*chainring* yang sama maka semakin kecil nilai kecepatan sepeda.
- c. Rancangan bahan ajar di desain dengan mengaitkan materi gerak melingkar dengan hasil penelitian mengenai sepeda. Contoh soal dan latihan soal dibuat berdasarkan analisis data hasil yang telah diperoleh.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut.

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sepeda dengan mengkaji konsep fisika lainnya, misalnya pada materi torsi atau dengan memvariasikan panjang pedal.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan rancangan bahan gerak melingkar ini dan di aplikasikan di sekolah-sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bailey, D., and Gates, K. 2009. *Bike Repair & Maintenance for Dummies*. Canada: Wiley Publishing.
- Bukhori, M. A. F. 2013. Pembelajaran fisika dengan Contextual Teaching and Learning (CTL) melalui pengalaman empiris: kasus perbedaan pemahaman konsep gerak melingkar pada siswa kelas X di SMA Negeri 4 Magelang, Jawa Tengah. *Berkala Fisika Indonesia*. 5(1): 7-14.
- Depdiknas, 2003. *Kurikulum dan Hasil Belajar*. Jakarta: Depdiknas.
- Downs, T. 2005. *Bicycling: Illustrated Bicycling Maintenance*. <http://3agala.com/images/books/BicyclingIllustratedBicycleMaintenance2005.pdf>. [Diakses pada 13 Juni 2017].
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, D. C. 2014. *Fisika Edisi Ketujuh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Hanifah, U. 2014. Pentingnya bahan ajar yang berkualitas dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran bahasa arab. *Jurnal At-Tajdid*. 3(1): 99-121.
- Hobri. 2009. *Metodologi Penelitian Pengembangan*. Jember: Pena Salsabila.
- Indrawati, 2007. Peranan foto dalam meningkatkan kemampuan mahasiswa calon guru fisika dalam membuat media pembelajaran fisika sekolah menengah yang kontekstual. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*. 069: 968-984.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2017. Sepeda. <http://kbbi.web.id/sepeda>. [Diakses pada 13 Juni 2017].
- KHS. 2015. *Bicycle Owner's Manual*. <http://khsbicycles.com/PDF/KHS-Owners-Manual.pdf>. [Diakses pada 13 juni 2017].
- Kusmanto, A., Suparmi., dan Surwanto. 2014. Pendekatan learning by doing dalam pembelajaran fisika dengan media rill dan multimedia interaktif ditinjau dari kreativitas dan motivasi berprestasi. *Jurnal Inkuiri* 3(3): 65-74
- Majid, A. 2007. *Perencanaan Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Martin, J. C., dan Spriduso, W.W. 2001. Determinants of maximal cycling power: crank length, pedalingrate and pedal speed. *Eur J Appl Physiol* 84:413-418.

- Oktaviani, W., Gunawan., dan Sutrio. 2017. Pengembangan bahan ajar fisika kontekstual untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi* 3(1): 1-7.
- Prabin., Venkatasubramanian ., Madasamy, P., and Sakthivel. 2016. A study on bicycle drive mechanism - a review. *International Conference on Systems, Science, Control, Communication, Engineering and Technology* 2: 924-932.
- Prastowo, A. 2014. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.
- Sari, D. M., Surantoro., dan Ekawati, E. Y. 2013. Analisis kesalahan dalam menyelesaikan soal termodinamika pada siswa SMA. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*. 3(1): 5-8.
- Setyowati, R., Parmin., dan Widiyatmoko, A. 2013. Pengembangan modul IPA berkarakter peduli lingkungan tema polusi sebagai bahan ajar siswa SMKN 11 Semarang. *Unnes Science Education Journal*. 2(2): 245-253.
- Singh, R., and Sharma, D.C 2014. Experimental study of home automation by bicycle pedal power using of different sprocket. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. 8(2): 77-81.
- Sidjabat, S. 2016. Sepeda sebagai alat transportasi ramah lingkungan. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi Dan Logistik*. 3(1): 117:122.
- Tampubolon, R., Sahyar., dan Sirait, M. Pengembangan bahan ajar fisika berbasis inkuiri pada materi fluida statis untuk meningkatkan hasil belajar siswa. *Jurnal Tabularasa*. 12(2): 189-199.
- Young, H. D., dan Freedman, R. A. 2002. *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

**LAMPIRAN A. MATRIK PENELITIAN**

**Matrik Penelitian**

Judul	Rumusan Masalah	Variabel	Sumber Data	Metode Penelitian
Kajian Gerak Melingkar pada Sepeda Sebagai Rancangan Bahan Ajar Fisika SMA	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagaimana kajian gerak melingkar pada variasi <i>chainring</i> sepeda?</li> <li>2. Bagaimana kajian gerak melingkar pada variasi <i>sprocket</i> sepeda?</li> <li>3. Bagaimana rancangan bahan ajar fisika SMA pada kajian sepeda?</li> </ol>	<p>Variabel bebas :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variasi <i>chainring</i></li> <li>- Variasi <i>sprocket</i></li> </ul> <p>Variabel kontrol :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kecepatan pedal</li> </ul> <p>Variabel terikat</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kecepatan sepeda</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Observasi</li> <li>2. Dokumentasi</li> <li>3. Refrensi</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jenis penelitian analisis deskriptif.</li> <li>2. Pengumpulan data:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Observasi</li> <li>- Dokumentasi</li> </ul> </li> </ol>

## LAMPIRAN B. PERHITUNGAN KECEPATAN SEPEDA

Diketahui diameter roda diukur dari pusat roda sampai letak posisi magnet sensor pengukur kecepatan sepeda ( $D_r$ ) dan kecepatan sudut *chainring* ( $\omega_c$ ) baik saat menggunakan variasi *chainring* dan variasi *sprocket* sebagai berikut.

$$D_r = (54 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_r = (0,270 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

$$\omega_c = (45 \pm 0,5) \text{ rpm} = (4,71 \pm 0,05) \text{ rad/s}$$

### 1. Perhitungan kecepatan sepeda dengan menggunakan variasi *chainring*

$$D_s = (4,38 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,022 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

a. Diameter *chainring* ( $19,11 \pm 0,05$ ) cm

$$D_c = (19,11 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_c = (0,096 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned} v_c &= v_s & \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\ \omega_c r_c &= \omega_s r_s & &= 20,553 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,096} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,022} \right) \\ \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} & &= 0,142 \text{ rad/s} \\ &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,096}{0,022} \right) \\ &= 20,553 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned} \omega_s &= \omega_r & \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta\omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\ \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} & &= 5,549 \left( -\frac{0,142}{20,553} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\ v_r &= \omega_s \cdot r_r & &= 0,028 \text{ m/s} \\ &= 20,553 \cdot 0,270 & &= 0,101 \text{ km/h} \\ &= 5,549 \text{ m/s} \\ &= 19,977 \text{ km/h} \\ v_r &= (19,977 \pm 0,101) \text{ km/h} \end{aligned}$$

b. Diameter *chainring* ( $15,13 \pm 0,05$ ) cm

$$D_c = (15,13 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_c = (0,076 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned} v_c &= v_s \\ \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\ \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\ &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,022} \right) \\ &= 16,271 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\ &= 16,271 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,022} \right) \\ &= 0,090 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned} \omega_s &= \omega_r \\ \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\ v_r &= \omega_s \cdot r_r \\ &= 16,271 \cdot 0,270 \\ &= 4,393 \text{ m/s} \\ &= 15,815 \text{ km/h} \\ v_r &= (15,815 \pm 0,058) \text{ km/h} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta\omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\ &= 4,393 \left( -\frac{0,090}{16,271} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\ &= 0,016 \text{ m/s} \\ &= 0,058 \text{ km/h} \end{aligned}$$

c. Diameter *chainring*  $(11,15 \pm 0,05) \text{ cm}$

$$D_c = (11,15 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_c = (0,056 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned} v_c &= v_s \\ \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\ \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\ &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,056}{0,022} \right) \\ &= 11,989 \text{ rad/s} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\ &= 11,989 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,056} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,022} \right) \\ &= 0,038 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 11,989 \cdot 0,270 \\
 &= 3,237 \text{ m/s} \\
 &= 11,653 \text{ km/h} \\
 v_r &= (11,653 \pm 0,016) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta \omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 3,327 \left( -\frac{0,038}{11,989} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,004 \text{ m/s} \\
 &= 0,016 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan kecepatan sepeda dengan menggunakan variasi *sprocket*

$$D_c = (15,13 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_c = (0,076 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

a. Diameter *sprocket*  $(12,74 \pm 0,05) \text{ cm}$

$$D_s = (12,74 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,064 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned}
 v_c &= v_s \\
 \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\
 \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\
 &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,064} \right) \\
 &= 5,593 \text{ rad/s}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta \omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta \omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\
 &= 5,593 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,064} \right) \\
 &= 0,052 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 5,593 \cdot 0,270 \\
 &= 1,510 \text{ m/s} \\
 &= 5,437 \text{ km/h} \\
 v_r &= (5,437 \pm 0,061) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta \omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 1,510 \left( \frac{0,052}{5,593} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,017 \text{ m/s} \\
 &= 0,061 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

b. Diameter *sprocket* ( $11,15 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (11,15 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,056 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned} v_c &= v_s & \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\ \omega_c r_c &= \omega_s r_s & & \\ \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} & &= 6,392 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,054} \right) \\ &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,056} \right) & &= 0,053 \text{ rad/s} \\ &= 6,392 \text{ rad/s} & & \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned} \omega_s &= \omega_r & \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta\omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\ \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} & &= 1,726 \left( \frac{0,053}{6,392} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\ v_r &= \omega_s \cdot r_r & &= 0,017 \text{ m/s} \\ &= 6,392 \cdot 0,270 & &= 0,063 \text{ km/h} \\ &= 1,726 \text{ m/s} & & \\ &= 6,213 \text{ km/h} & & \\ v_r &= (6,213 \pm 0,063) \text{ km/h} & & \end{aligned}$$

c. Diameter *sprocket* ( $9,55 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (9,55 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,048 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned} v_c &= v_s & \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\ \omega_c r_c &= \omega_s r_s & & \\ \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} & &= 7,458 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,048} \right) \\ &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,048} \right) & &= 0,051 \text{ rad/s} \\ &= 7,458 \text{ rad/s} & & \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 7,458 \cdot 0,270 \\
 &= 2,014 \text{ m/s} \\
 &= 7,249 \text{ km/h} \\
 v_r &= (7,249 \pm 0,063) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta \omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 2,014 \left( \frac{0,051}{7,458} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,017 \text{ m/s} \\
 &= 0,063 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

- d. Diameter *sprocket* ( $8,36 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (8,36 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,042 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned}
 v_c &= v_s \\
 \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\
 \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\
 &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,042} \right) \\
 &= 8,523 \text{ rad/s}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta \omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta \omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\
 &= 8,523 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,042} \right) \\
 &= 0,045 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 8,523 \cdot 0,270 \\
 &= 2,301 \text{ m/s} \\
 &= 8,284 \text{ km/h} \\
 v_r &= (8,284 \pm 0,059) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta \omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 2,301 \left( \frac{0,045}{8,523} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,016 \text{ m/s} \\
 &= 0,059 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

- e. Diameter *sprocket* ( $7,17 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (7,17 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,036 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned}
 v_c &= v_s \\
 \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\
 \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\
 &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,036} \right) \\
 &= 9,943 \text{ rad/s}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\
 &= 9,943 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,036} \right) \\
 &= 0,033 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 9,943 \cdot 0,270 \\
 &= 2,685 \text{ m/s} \\
 &= 9,665 \text{ km/h} \\
 v_r &= (9,665 \pm 0,050) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta\omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 2,685 \left( \frac{0,033}{9,943} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,014 \text{ m/s} \\
 &= 0,050 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

f. Diameter *sprocket* ( $5,97 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (5,97 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,030 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned}
 v_c &= v_s \\
 \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\
 \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\
 &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,030} \right) \\
 &= 11,932 \text{ rad/s}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\
 &= 11,932 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,030} \right) \\
 &= 0,006 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 11,932 \cdot 0,270 \\
 &= 3,222 \text{ m/s} \\
 &= 11,598 \text{ km/h} \\
 v_r &= (11,598 \pm 0,028) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta \omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 3,222 \left( \frac{0,006}{11,932} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,008 \text{ m/s} \\
 &= 0,028 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

g. Diameter *sprocket* ( $5,18 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (5,18 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,026 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned}
 v_c &= v_s \\
 \omega_c r_c &= \omega_s r_s \\
 \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} \\
 &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,026} \right) \\
 &= 13,768 \text{ rad/s}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta \omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta \omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\
 &= 13,768 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,026} \right) \\
 &= 0,028 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r \\
 &= 13,768 \cdot 0,270 \\
 &= 3,717 \text{ m/s} \\
 &= 13,382 \text{ km/h} \\
 v_r &= (13,382 \pm 0,002) \text{ km/h}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta \omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 &= 3,717 \left( -\frac{0,028}{13,768} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 &= 0,001 \text{ m/s} \\
 &= 0,002 \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

h. Diameter *sprocket* ( $4,38 \pm 0,05$ ) cm

$$D_s = (4,38 \pm 0,05) \text{ cm} \rightarrow r_s = (0,022 \pm 5 \cdot 10^{-4}) \text{ m}$$

Hubungan *chainring* dan *sprocket*

$$\begin{aligned}
 v_c &= v_s & \Delta\omega_s &= \omega_s \left( \frac{\Delta\omega_c}{\omega_c} + \frac{\Delta r_c}{r_c} - \frac{\Delta r_s}{r_s} \right) \\
 \omega_c r_c &= \omega_s r_s & &= 16,271 \left( \frac{0,05}{4,71} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,076} - \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,022} \right) \\
 \omega_s &= \frac{\omega_c r_c}{r_s} & &= 0,090 \text{ rad/s} \\
 &= \left( \frac{4,71 \cdot 0,076}{0,022} \right) \\
 &= 16,271 \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

Hubungan *sprocket* dan roda belakang

$$\begin{aligned}
 \omega_s &= \omega_r & \Delta v_r &= v_r \left( \frac{\Delta\omega_s}{\omega_s} + \frac{\Delta r_r}{r_r} \right) \\
 \frac{v_s}{r_s} &= \frac{v_r}{r_r} & &= 4,393 \left( -\frac{0,090}{16,271} + \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,270} \right) \\
 v_r &= \omega_s \cdot r_r & &= 0,016 \text{ m/s} \\
 &= 16,271 \cdot 0,270 & &= 0,058 \text{ km/h} \\
 &= 4,393 \text{ m/s} \\
 &= 15,815 \text{ km/h} \\
 v_r &= (15,815 \pm 0,058) \text{ km/h}
 \end{aligned}$$

# Fisika

## *Gerak Melingkar*

Aplikasi pada Sepeda



Untuk kelas X

### Gerak Melingkar: Aplikasi pada Sepeda

Sepeda merupakan salah satu alat transportasi darat yang banyak digunakan saat ini. Gerak sepeda sangat berkaitan dengan fisika yaitu pada pokok bahasan gerak melingkar. Sepeda dapat bergerak karena kayuhan kaki manusia yang diberikan pada pedal, sehingga gir depan (*chainring*) berputar dan memutar gir belakang (*sprocket*) dan roda belakang, akibatnya sepeda dapat bergerak maju. Besar kecepatan sepeda bergantung pada ukuran diameter gir depan maupun gir belakang. Berikut ini sekilas cerita mengenai penggunaan variasi gir depan dan gir belakang terhadap kecepatan sepeda.

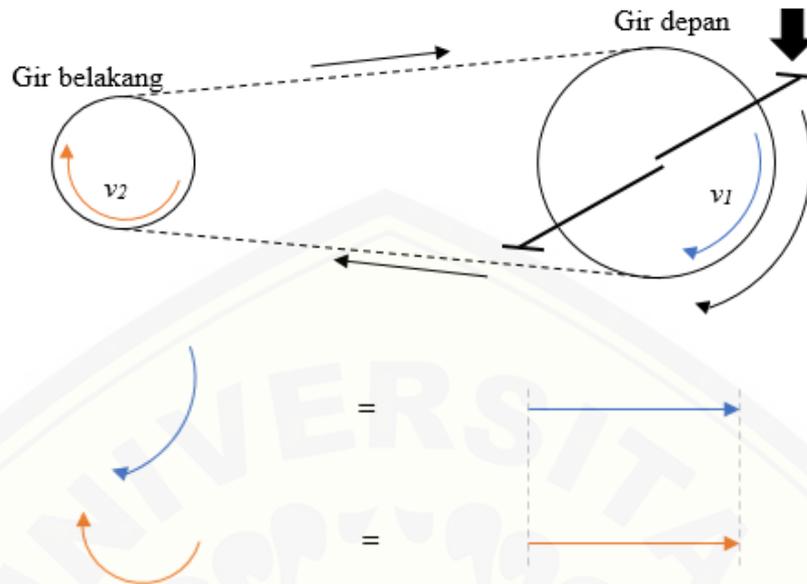
(pada rancangan bahan ajar ini, dimisalkan penyebab gerak pada sepeda dibagi menjadi 2 sistem)

#### Sistem 1 --> gir depan dan gir belakang



Saat kaki mengayuh pedal maka kecepatan putar pedal akan sama dengan kecepatan putar gir depan. Jika gir depan berputar, maka gir belakang juga akan berputar, karena kedua gir ini dihubungkan dengan rantai. Untuk menggerakkan sepeda pedal harus dikayuh searah dengan jarum jam, maka gir depan dan gir belakang juga akan berputar searah jarum jam. Jika pedal dikayuh sebanyak satu putaran maka gir depan akan berputar satu kali putaran, sedangkan pada gir belakang akan bergerak sama seperti besar nilai perubahan panjang busur pada gir depan dalam satu kali putaran. Artinya pada gir depan dan gir belakang memiliki kecepatan linier yang sama.

$$v_{gd} = v_{gb} \quad \dots\dots\dots (1)$$



Walaupun kecepatan linier antara gir depan dan gir belakang sama, tetapi perubahan posisi sudut gir depan tidak sama dengan perubahan sudut gir belakang.

$$\omega_{gd} \neq \omega_{gb} \dots\dots\dots (2)$$

Kecepatan linier pada gir depan dan gir belakang dipengaruhi oleh jari-jari gir depan maupun gir belakang. Pada konsep gerak melingkar, persamaan kecepatan linier dituliskan sebagai berikut (dimana r adalah jari-jari).

$$v = \omega \cdot r \dots\dots\dots (3)$$

Dengan mendistribusikan persamaan (3) terhadap persamaan (1), maka persamaan (1) dapat ditulis dengan:

$$v_{gd} = v_{gb}$$

$$\omega_{gd} \cdot r_{gd} = \omega_{gb} \cdot r_{gb} \dots\dots\dots (4)$$

- Keterangan :
- $v_{gd}$  : kecepatan linier gir depan
  - $v_{gb}$  : kecepatan linier gir belakang
  - $\omega_{gd}$  : kecepatan sudut gir depan
  - $\omega_{gb}$  : kecepatan sudut gir belakang
  - $r_{gd}$  : jari-jari gir depan
  - $r_{gb}$  : jari-jari gir belakang

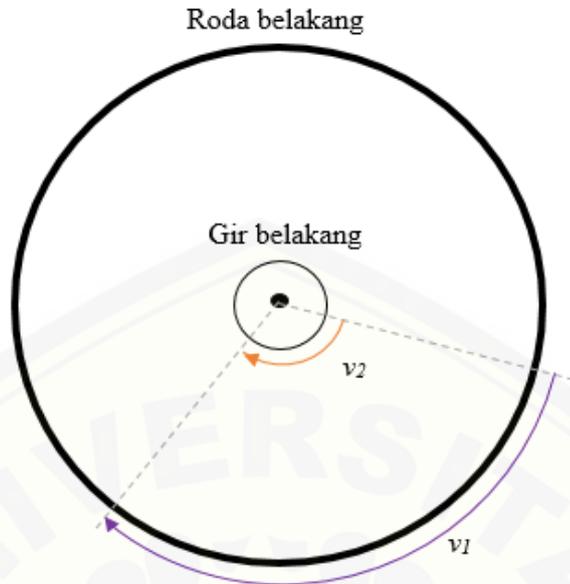
Jadi, pada gir depan dan gir belakang memiliki kecepatan linier yang sama, arah yang sama, namun kecepatan sudut keduanya berbeda

**Sistem 2 --> gir belakang dan roda belakang sepeda**



Saat gir belakang berputar, maka roda belakang juga akan berputar dengan arah yang sama. Perubahan besar sudut roda belakang inilah yang dinakan dengan kecepatan sepeda. Jika gir belakang belakang berputar sebesar  $\frac{1}{2}$  lingkaran atau  $90^\circ$ , maka roda belakang juga akan bergerak  $\frac{1}{2}$  lingkaran atau  $90^\circ$  derajat. Artinya gir belakang dan roda belakang memiliki kecepatan sudut yang sama.

$$\omega_{gb} = \omega_{rb} \dots\dots\dots (5)$$



Kecepatan sudut gir belakang dan roda belakang adalah sama. Namun kecepatan linier gir belakang dan roda belakang adalah berbeda.

$$v_{gb} \neq v_{rb} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan mendistribusikan persamaan (3) terhadap persamaan (5), maka persamaan (5) dapat ditulis dengan:

$$\begin{aligned} \omega_{gb} &= \omega_{rb} \\ \frac{v_{gb}}{r_{gb}} &= \frac{v_{rb}}{r_{rb}} \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

- Keterangan :
- $\omega_{gb}$  : kecepatan sudut gir belakang
  - $\omega_{rb}$  : kecepatan sudut roda belakang
  - $v_{gb}$  : kecepatan linier gir belakang
  - $v_{rb}$  : kecepatan linier roda belakang
  - $r_{gb}$  : jari-jari gir belakang
  - $r_{rb}$  : jari-jari roda belakang

Jadi, pada gir belakang dan roda belakang memiliki kecepatan sudut yang sama, arah yang sama. Namun, kecepatan linier keduanya berbeda.

## **Mari bersepeda sambil belajar ...**

Lakukanlah kegiatan ini secara berkelompok

### **Alat dan bahan:**

- Sepeda yang memiliki variasi gir depan dan gir belakang
- Stopwatch

### **Langkah-langkah:**

#### **1. Penggunaan variasi gir depan**

- Carilah lintasan tempuh yang lurus dan datar
- Ukurlah jarak yang akan di tempuh
- Hitung jumlah gir depan
- Gunakan gir depan terkecil dengan salah satu gir belakang
- Kayuhlah sepeda dengan menggunakan frekuensi pedal yang tetap
- Gunakan gir depan yang lainnya juga dengan menggunakan gir belakang yang tetap dan kayuhan yang tetap seperti yang dilakukan pada penggunaan gir depan terkecil
- Hitung waktu yang dibutuhkan selama menempuh jarak yang telah ditentukan pada penggunaan masing-masing gir depan, kemudian catat

#### **2. Penggunaan variasi gir belakang**

- Dengan cara yang sama seperti pada penggunaan variasi gir depan, hitung jumlah gir belakang
- Gunakan gir belakang secara bergantian dengan salah satu gir depan yang tetap
- Kayuh sepeda dengan frekuensi pedal yang sama
- Catat waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak yang telah ditentukan

### **Diskusikan..**

1. Hitung masing-masing kecepatan sepeda dengan membagi jarak terhadap waktu pada masing-masing penggunaan variasi gir depan dan gir belakang
2. Bagaimana kesimpulanmu terhadap hasil kecepatan sepeda pada penggunaan variasi gir depan dan gir belakang? Mengapa hal tersebut bisa terjadi?

**CONTOH SOAL**

Ayyub pergi ke taman mengendarai sepeda dengan menggunakan gir belakang yang mempunyai jumlah gigi 32, lalu setelah beberapa menit kemudian ia mengganti gir belakang yang memiliki jumlah gigi 15 dengan menggunakan gir depan yang sama yaitu berjumlah gigi 38. Jarak antara gigi yaitu 1,25 cm, sedangkan diameter roda 65 cm. Dengan kecepatan pedal yang sama 45 rpm, manakah yang menghasilkan kecepatan sepeda yang terbesar? Buktikan dengan menggunakan perhitungan.

Jawab : kecepatan sepeda terbesar yaitu pada penggunaan gir belakang dengan jumlah gigi 15 gigi.

Penyelesaian:

- Gir belakang (gb): 15 gigi dan gir depan (gd): 38 gigi.

$$D_{gb} = \frac{k \odot}{\pi} = \frac{(15)(1,25)}{3,14} = 5,97 \text{ cm} \rightarrow r_{gb} = 2,98 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$D_{gd} = \frac{k \odot}{\pi} = \frac{(38)(1,25)}{3,14} = 15,13 \text{ cm} \rightarrow r_{gd} = 7,56 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$$

$$D_{rb} = 65 \text{ cm} \rightarrow r_{rb} = 32,5 \text{ cm} = 0,32 \text{ m}$$

$$\omega_{pedal} = \omega_{gd} = 45 \text{ rpm} = 4,71 \text{ rad/s}$$

- Hubungan gdp dan gbl ( $v_{gd} = v_{gb}$ )

$$v_{gd} = v_{gb}$$

$$\omega_{gd} \cdot r_{gd} = \omega_{gb} \cdot r_{gb}$$

$$\begin{aligned} \omega_{gb} &= \frac{\omega_{gd} \cdot r_{gd}}{r_{gb}} \\ &= \frac{4,71 \cdot 0,07}{0,03} \\ &= 10,99 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

- Hubungan gb dan roda belakang ( $\omega_{gb} = \omega_{roda}$ )

$$\omega_{gbl} = \omega_{rb}$$

$$\frac{v_{gb}}{r_{gb}} = \frac{v_{rb}}{r_{rb}}$$

$$\omega_{gb} = \frac{v_{rb}}{r_{rb}}$$

$$\begin{aligned} v_{rb} &= \omega_{gb} \cdot r_{rb} \\ &= 10,99 \cdot 0,32 \\ &= 3,52 \text{ m/s} \end{aligned}$$

- Gir belakang (gb): 32 gigi dan gir depan (gd): 38 gigi.

$$D_{gb} = \frac{k \odot}{\pi} = \frac{(32)(1,25)}{3,14} = 12,74 \text{ cm} \rightarrow r_{gb} = 6,37 \text{ cm} = 0,064 \text{ m}$$

$$D_{gd} = \frac{k \odot}{\pi} = \frac{(38)(1,25)}{3,14} = 15,13 \text{ cm} \rightarrow r_{gd} = 7,56 \text{ cm} = 0,07 \text{ m}$$

$$D_{rb} = 65 \text{ cm} \rightarrow r_{rb} = 32,5 \text{ cm} = 0,32 \text{ m}$$

$$\omega_{pedal} = \omega_{gd} = 45 \text{ rpm} = 4,71 \text{ rad/s}$$

- Hubungan gdp dan gbl ( $v_{gdp} = v_{gbl}$ )

$$v_{gd} = v_{gb}$$

$$\omega_{gd} \cdot r_{gd} = \omega_{gb} \cdot r_{gb}$$

$$\begin{aligned} \omega_{gb} &= \frac{\omega_{gd} \cdot r_{gd}}{r_{gb}} \\ &= \frac{4,71 \cdot 0,07}{0,064} \\ &= 5,15 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

- Hubungan gbl dan roda belakang ( $\omega_{gb} = \omega_{rb}$ )

$$\omega_{gb} = \omega_{rb}$$

$$\frac{v_{gb}}{r_{gb}} = \frac{v_{rb}}{r_{rb}}$$

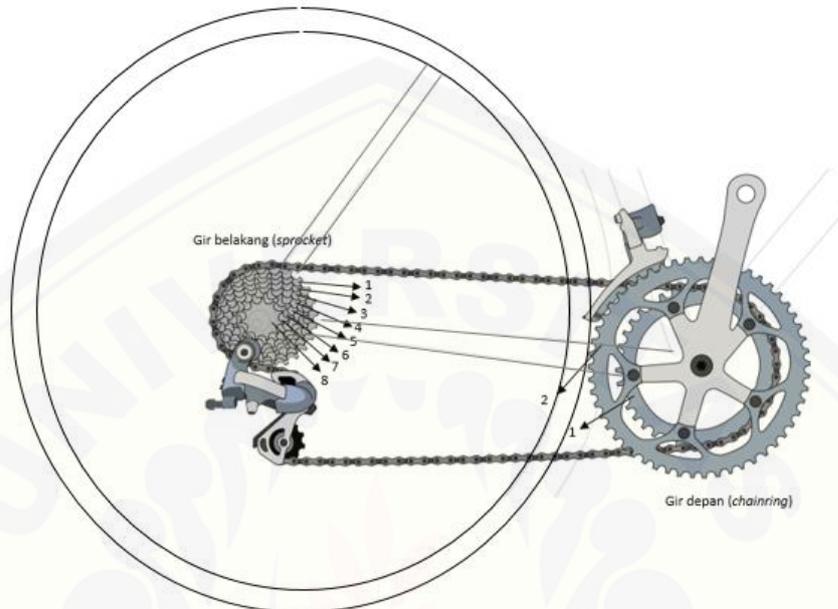
$$\omega_{gb} = \frac{v_{rb}}{r_{rb}}$$

$$\begin{aligned} v_{rb} &= \omega_{gb} \cdot r_{rb} \\ &= 5,15 \cdot 0,32 \\ &= 1,65 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, kecepatan sepeda terbesar terjadi pada penggunaan gir belakang yang lebih kecil, yaitu pada jumlah gigi 15 menghasilkan kecepatan 3,52 m/s.

**LATIHAN SOAL**

Berikut sistem gir yang terdapat pada sepeda.



Jika yuda menggunakan gir depan no 1 dan gir belakang no 2 dengan frekuensi kayuhan 1 Hz, kemudian ia mengayuhnya lagi dengan menggunakan gir depan 2 dan gir belakang no 5 dengan frekuensi kayuhan yang sama. Pada penggunaan pasangan gir manakah yang menghasilkan laju kecepatan yang terbesar? Jelaskan alasanmu!

**LAMPIRAN D. FOTO KEGIATAN PENELITIAN**1. Peletakan *Cateye Strada Cadence CC-RD200*Gambar D.1 Perlengkapan *Strada Cadence CC-RD200*

Gambar D.2 Komputer di letakkan pada stang sepeda



Gambar D.3 Letak sensor *cadende*



Gambar D.4 Letak sensor kecepatan sepeda



Gambar D.5 Letak magnet kecepatan sepeda



Gambar D.6 Letak magnet *cadence*

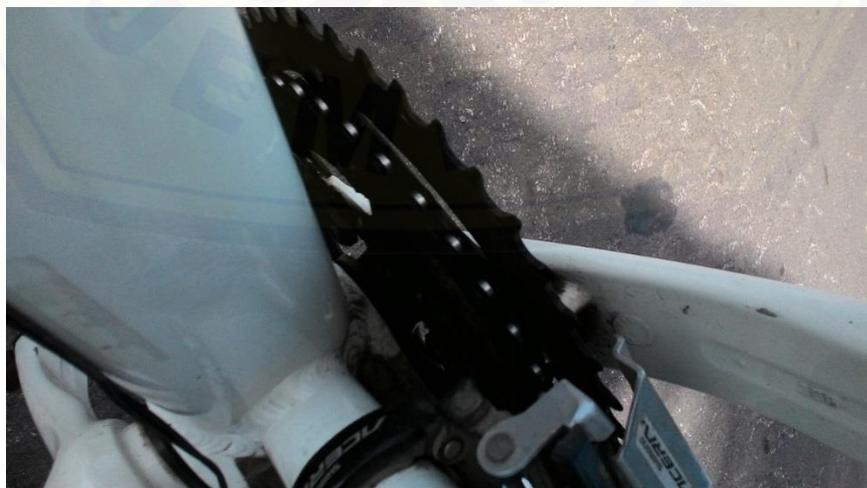
## 2. Pengambilan data



Gambar D.7 Pengukuran diameter roda



Gambar D.8 Lintasan pengambilan data



Gambar D.8 Penggunaan *chainring medium*



Gambar D.9 Penggunaan *sprocket* 1 (terbesar)



Gambar D.10 Tampilan hasil pengukuran