

**PENGARUH LKS TERINTEGRASI MATERI ENERGI HIDRO
TERHADAP PENCAPAIAN KOMPETENSI FISIKA DALAM
PEMBELAJARAN 3C3R PBL PADA MATERI USAHA,
ENERGI, MOMENTUM, DAN IMPULS
DI KELAS XI SMAN 1 PADANG**

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar sarjana pendidikan



**HAYYU YUMNA
1201412 / 2012**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2016**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap
Pencapaian Kompetensi Fisika dalam Pembelajaran 3C3R
PBL pada Materi Usaha, Energi, Momentum, dan Impuls
di Kelas XI SMAN 1 Padang

Nama : Hayyu Yumna

NIM : 1201412

Program Studi : Pendidikan Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 29 Januari 2016

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

Pembimbing II,



Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si.
NIP. 19660522 199303 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

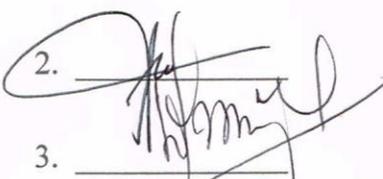
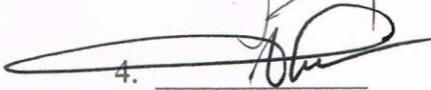
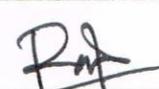
Nama : Hayyu Yumna
NIM : 1201412
Program Studi : Pendidikan Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji
Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang
dengan judul

**Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap Pencapaian
Kompetensi Fisika dalam Pembelajaran 3C3R PBL pada Materi Usaha,
Energi, Momentum, dan Impuls di Kelas XI SMAN 1 Padang**

Padang, 05 Februari 2016

Tim Penguji

| | Nama | Tanda Tangan |
|---------------|-----------------------------------|--|
| 1. Ketua | : Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si. | 1.  |
| 2. Sekretaris | : Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si. | 2.  |
| 3. Anggota | : Dr. Hj. Djusmaini Djamal, M.Si. | 3.  |
| 4. Anggota | : Drs. Akmam, M.Si. | 4.  |
| 5. Anggota | : Dr. Ramli, S.Pd., M.Si. | 5.  |

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap Pencapaian Kompetensi Fisika dalam Pembelajaran 3C3R PBL pada Materi Usaha, Energi, Momentum, dan Impuls di Kelas XI SMAN 1 Padang.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 15 Februari 2016
Yang membuat pernyataan,



Hayyu Yumna
NIM. 1201412

ABSTRAK

Hayyu Yumna : Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap Pencapaian Kompetensi Fisika dalam Pembelajaran 3C3R PBL pada Materi Usaha, Energi, Momentum, dan Impuls di Kelas XI SMAN 1 Padang

Pembelajaran diharapkan dapat mewujudkan siswa yang memiliki pencapaian kompetensi yang baik dan seimbang serta dapat menggunakan model dan sumber belajar yang disesuaikan dengan karakteristik siswa. Namun, kenyataan yang ditemukan seperti: pemberian masalah yang dekat dengan siswa dalam pembelajaran belum maksimal, penggunaan LKS belum maksimal, sikap hemat energi pada siswa masih kurang, dan kegiatan praktikum masih jarang dilakukan, memberikan dampak pada pencapaian kompetensi fisika siswa yang rendah. Usaha untuk mengatasi hal tersebut adalah menggunakan LKS terintegrasi materi energi hidro berbantuan pembelajaran 3C3R PBL. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro serta pengaruh model 3C3R PBL terhadap pencapaian kompetensi fisika.

Jenis penelitian adalah *Quasi Eksperiment Research* dengan rancangan *Randomized Control Group Only Design*. Populasi dari penelitian adalah seluruh siswa kelas XI MIA SMAN 1 Padang yang terdaftar pada semester 1 tahun ajaran 2015/2016. Sampel penelitian adalah kelas XI MIA 5 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI MIA 4 sebagai kelas kontrol yang diperoleh melalui teknik *purposive sampling*. Data penelitian berupa data kompetensi fisika dan nilai LKS terintegrasi materi energi hidro. Instrumen penelitian berupa lembar observasi, penilaian diri, dan penilaian teman sejawat untuk kompetensi sikap, soal uraian untuk kompetensi pengetahuan, dan rubrik penskoran untuk kompetensi keterampilan. Analisis data menggunakan uji kesamaan dua rata-rata, uji regresi linear, dan uji korelasi.

Hasil penelitian menunjukkan pencapaian kompetensi fisika kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Uji statistik menunjukkan nilai t_{hitung} sebesar 5,07 untuk kompetensi sikap, 2,55 untuk kompetensi pengetahuan, 2,11 untuk kompetensi keterampilan, dan kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro sebesar 38,64% untuk kompetensi sikap, 91,37% untuk kompetensi pengetahuan, 91,01% untuk kompetensi keterampilan, serta t_{hitung} sebesar 2,77 untuk keadaan sebelum dan sesudah menggunakan model 3C3R PBL sedangkan t_{tabel} sebesar 1,67. Kesimpulan penelitian adalah hipotesis yang menyatakan bahwa: 1) terdapat pengaruh LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang, 2) terdapat kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang, dan 3) terdapat pengaruh model 3C3R PBL terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang, dapat diterima pada taraf nyata 0,05.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian pada semester ganjil 2015/2016 di SMAN 1 Padang dan dapat menyelesaikan skripsi ini. Penelitian ini adalah bagian dari penelitian hibah Pascasarjana tahun 2014 yang berjudul “Pengintegrasian Materi Matakuliah Materi dan Energi ke dalam Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika yang Inovatif dan Kreatif melalui Strategi *Creative Problem Solving* sebagai Upaya Pendidikan Karakter Hemat Energi” yang dibiayai oleh dana DIPA UNP berdasarkan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian Program Desentralisasi Skema Tim Pascasarjana TA 2014 No.250/UN35.2/PG 2014 atas nama Bapak Dr.Hamdi, M.Si.

Selesainya skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku dosen pembimbing 1 sekaligus ketua jurusan Fisika yang telah memberikan bimbingan ilmu dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan ilmu dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Ibu Dr. Hj. Djusmaini Djamas, M.Si., Bapak Drs. Akmam, M.Si., dan Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si. selaku dosen penguji;
4. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku penasehat akademik yang telah memerikan ilmu, bimbingan, motivasi serta arahan selama masa kuliah;

5. Bapak/Ibu dosen jurusan Fisika yang telah membekali ilmu bagi penulis selama menempuh studi di UNP;
6. Bapak Drs. Nukman M.Si. selaku kepala sekolah SMAN 1 Padang yang telah memberikan izin dan mengayomi penulis selama melakukan penelitian;
7. Bapak Z. Suhaidi, S.Pd, M.Pd. sebagai guru di SMAN 1 Padang yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis selama melakukan penelitian;
8. Bapak/ Ibu Majelis Guru SMA Negeri 1 Padang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian;
9. Keluarga besar SMA Negeri 1 Padang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian;
10. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Fisika FMIPA UNP, serta semua pihak yang telah yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga kebaikan dari semua pihak diridhai oleh Allah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap kritikan dan saran yang bersifat membangun sehingga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Padang, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Rumusan Masalah..... | 10 |
| C. Pembatasan Masalah..... | 9 |
| D. Tujuan Penelitian | 10 |
| E. Manfaat Penelitian | 11 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 12 |
| A. Kajian Teoritis | 12 |
| 1. Pembelajaran Fisika Menurut Kurikulum 2013..... | 12 |
| 2. Model 3C3R PBL..... | 16 |
| 3. Kompetensi Belajar..... | 21 |
| 4. Materi Usaha, Energi, Momentum dan Impuls serta Aplikasinya pada Materi Energi Hidro | 26 |
| 5. Lembar Kegiatan Siswa (LKS) pada Materi Usaha, Energi, Momentum dan Impuls Terintegrasi Materi Energi Hidro serta Pengaruh dan Kontribusinya terhadap Pencapaian Kompetensi Fisika..... | 51 |
| B. Penelitian yang Relevan..... | 53 |
| C. Kerangka Berpikir..... | 54 |
| D. Hipotesis | 56 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 57 |
| A. Jenis Penelitian | 57 |
| B. Populasi dan Sampel..... | 58 |

| | |
|---|------------|
| C. Variabel dan Data | 61 |
| D. Prosedur Penelitian | 62 |
| E. Instrumen Penelitian | 64 |
| F. Teknik Analisis Data | 68 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 77 |
| A. Hasil Penelitian | 77 |
| 1. Deskripsi Data | 77 |
| 2. Analisis Data | 81 |
| B. Pembahasan | 89 |
| 1. Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap Kompetensi Fisika..... | 95 |
| 2. Kontribusi LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap Pencapaian Kompetensi Fisika | 100 |
| BAB IV PENUTUP | 105 |
| A. Kesimpulan | 105 |
| B. Saran | 106 |
| KEPUSTAKAAN | |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|----------------|
| Tabel 1. Nilai Ulangan Harian 1 Fisika Semester 1 Kelas XI MIA Tahun Ajaran 2015/2016 | 4 |
| Tabel 2. Langkah-langkah PBL..... | 17 |
| Tabel 3. Rincian Pada Gradasi Sikap, Pengetahuan dan Keterampilan | 22 |
| Tabel 4. Taksonomi Hasil Revisi Oleh Anderson Dan Krathwohl | 24 |
| Tabel 5. Materi Usaha dan Energi | 44 |
| Tabel 6. Materi Momentum dan Impuls | 50 |
| Tabel 7. Bagan Rancangan Penelitian | 57 |
| Tabel 8. Nilai Rata-Rata, Nilai Tertinggi, Nilai Terendah, Simpangan Baku, dan Variansi Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan..... | 59 |
| Tabel 9. Hasil Uji Normalitas Pencapaian Kompetensi Fisika Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan..... | 59 |
| Tabel 10. Hasil Uji Homogenitas Pencapaian Kompetensi Fisika Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan..... | 60 |
| Tabel 11. Hasil Uji t Pencapaian Kompetensi Fisika Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan..... | 60 |
| Tabel 12. Rincian Data Tiap Variabel | 61 |
| Tabel 13. Instrumen Penelitian yang akan digunakan | 65 |
| Tabel 14. Klasifikasi Indeks Reliabilitas Soal | 68 |
| Tabel 15. Bentuk Data dan Statistik Penguji | 68 |
| Tabel 16. Daftar Analisis Varians untuk Uji Kelinearan Regresi | 73 |
| Tabel 17. Interpretasi Koefisien Korelasi Nilai r..... | 74 |
| Tabel 18. Nilai Rata-Rata, Nilai Tertinggi, Nilai Terendah, Simpangan Baku, dan Variansi Kelas Sampel pada Kompetensi Sikap | 78 |
| Tabel 19. Nilai Rata-Rata, Nilai Tertinggi, Nilai Terendah, Simpangan Baku, dan Variansi Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan . | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabel 20. Nilai Rata-Rata, Nilai Tertinggi, Nilai Terendah, Simpangan Baku, dan Variansi Kelas Sampel pada Kompetensi Keterampilan | 80 |
| Tabel 21. Nilai Rata-Rata, Nilai Tertinggi, Nilai Terendah, Simpangan Baku, dan Variansi Nilai LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro... | 80 |
| Tabel 22. Nilai Rata-Rata, Nilai Tertinggi, Nilai Terendah, Simpangan Baku, dan Variansi Sebelum dan Sesudah Menggunakan Model 3C3R PBL | 81 |
| Tabel 23. Hasil Uji Normalitas Kompetensi Sikap Kedua Kelas Sampel..... | 82 |
| Tabel 24. Hasil Uji Homogenitas Kompetensi Sikap Kedua Kelas Sampel ... | 83 |
| Tabel 25. Hasil Uji t Kompetensi Sikap Kedua Kelas Sampel | 83 |
| Tabel 26. Hasil Uji Normalitas Kompetensi Pengetahuan Kedua Kelas Sampel | 86 |
| Tabel 27. Hasil Uji Homogenitas Kompetensi Pengetahuan Kedua Kelas Sampel | 86 |
| Tabel 28. Hasil Uji t Kompetensi Pengetahuan Kedua Kelas Sampel | 87 |
| Tabel 29 Hasil Uji Normalitas Kompetensi Keterampilan Kedua Kelas Sampel | 89 |
| Tabel 30. Hasil Uji Homogenitas Kompetensi Keterampilan Kedua Kelas Sampel | 90 |
| Tabel 31. Hasil Uji t Kompetensi Keterampilan Kedua Kelas Sampel..... | 90 |
| Tabel 32. Hasil Uji Normalitas Kompetensi Pengetahuan Kelas Kontrol untuk Keadaan Sebelum dan Sesudah Menggunakan Model 3C3R PBL..... | 93 |
| Tabel 33. Hasil Uji Homogenitas Kompetensi Pengetahuan Kelas Kontrol untuk Keadaan Sebelum dan Sesudah Menggunakan Model 3C3R PBL..... | 93 |
| Tabel 34. Hasil Uji t Kompetensi Pengetahuan Kelas Kontrol Untuk Keadaan Sebelum dan Sesudah Menggunakan Model 3C3R PBL. | 94 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | | Halaman |
|---------------|--|----------------|
| Gambar 1. | Model 3C3R PBL (Hung, 2006:57)..... | 19 |
| Gambar 2. | Seseorang menarik sebuah peti sepanjang lantai..... | 27 |
| Gambar 3. | Aliran air dari pegunungan | 31 |
| Gambar 4. | Model persamaan dari turbin mikro hidro | 35 |
| Gambar 5. | suatu gaya konstan F bekerja dalam arah yang sama dengan perpindahan s | 36 |
| Gambar 6. | Gerak vertikal suatu benda mulai dari ketinggian awal y_1 sampai dengan ketinggian akhir y_2 . Perpindahan vertikal dapat terjadi (a) ke bawah atau (b) ke atas..... | 38 |
| Gambar 7. | (a) Sebuah balok dikaitkan pada sebuah pegas dalam keadaan setimbang ($x = 0$) pada permukaan horizontal. (b) Ketika balok bergerak dari x_1 positif ke x_2 positif, $x_2 > x_1$. (c) Ketika balok bergerak dari x_1 positif ke x_2 positif, $x_2 < x_1$. (d) Ketika balok bergerak dari x_1 negatif ke x_2 yang kurang negatif..... | 40 |
| Gambar 8. | Momentum kekal pada tumbukan dua bola..... | 48 |
| Gambar 9. | Kerangka Berpikir..... | 55 |
| Gambar 10. | Grafik hubungan antara kompetensi fisika dengan LKS terintegrasi materi energi hidro..... | 72 |
| Gambar 11. | Kurva Penolakan Hipotesis Nol Kompetensi Sikap | 84 |
| Gambar 12. | Model Persamaan Regresi Linear Sederhana antara Rata-Rata Nilai LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro dengan Pencapaian Kompetensi Sikap Setiap Siswa | 85 |
| Gambar 13. | Kurva Penolakan Hipotesis Nol Kompetensi Pengetahuan..... | 87 |
| Gambar 14. | Model Persamaan Regresi Linear Sederhana antara Rata-Rata Nilai LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro dengan Pencapaian Kompetensi Pengetahuan Setiap Siswa..... | 88 |
| Gambar 15. | Kurva Penolakan Hipotesis Nol Kompetensi Keterampilan..... | 91 |

| | |
|---|----|
| Gambar 16. Model Persamaan Regresi Linear Sederhana antara Rata-Rata Nilai LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro dengan Pencapaian Kompetensi Keterampilan Setiap Siswa..... | 91 |
| Gambar 17. Kurva Penolakan Hipotesis Nol Kompetensi Pengetahuan | 95 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|----------------|
| Lampiran 1. Silabus | 110 |
| Lampiran 2. RPP Kelas Eksperimen..... | 113 |
| Lampiran 3. RPP Kelas Kontrol | 146 |
| Lampiran 4. LKS Kelas Eksperimen | 176 |
| Lampiran 5. LKS Kelas Kontrol | 201 |
| Lampiran 6. Uji Normalitas Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan. | 222 |
| Lampiran 7. Uji Homogenitas Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan..... | 224 |
| Lampiran 8. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kelas Sampel..... | 225 |
| Lampiran 9. Kisi-Kisi Soal Uji Coba Tes Akhir..... | 226 |
| Lampiran 10. Soal Uji Coba Tes Akhir | 228 |
| Lampiran 11. Kunci Jawaban Soal Uji Coba..... | 230 |
| Lampiran 12. Distribusi Nilai Uji Coba Tes Akhir..... | 234 |
| Lampiran 13. Perhitungan Tingkat Kesukaran Soal | 236 |
| Lampiran 14. Perhitungan Daya Beda Soal | 237 |
| Lampiran 15. Klasifikasi Analisis Soal Uji Coba | 238 |
| Lampiran 16. Perhitungan Reliabilitas Soal | 239 |
| Lampiran 17. Soal Tes Akhir | 241 |
| Lampiran 18. Distribusi Data Pencapaian Kompetensi Fisika Kelas Eksperimen pada Kompetensi Sikap | 243 |
| Lampiran 19. Distribusi Data Pencapaian Kompetensi Fisika Kelas Kontrol pada Kompetensi Sikap | 244 |
| Lampiran 20. Uji Normalitas Kelas Eksperimen Pada Kompetensi Sikap..... | 245 |
| Lampiran 21. Uji Normalitas Kelas Kontrol Pada Kompetensi Sikap | 246 |
| Lampiran 22. Uji Homogenitas Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Sikap..... | 247 |
| Lampiran 23. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Sikap..... | 248 |

| | |
|---|-----|
| Lampiran 24. Distribusi Hasil Tes Akhir Kelas Eksperimen Pada Kompetensi Pengetahuan | 249 |
| Lampiran 25. Distribusi Hasil Tes Akhir Kelas Kontrol Pada Kompetensi Pengetahuan..... | 250 |
| Lampiran 26. Uji Normalitas Hasil Tes Akhir Kelas Eksperimen pada Kompetensi Pengetahuan | 251 |
| Lampiran 27. Uji Normalitas Hasil Tes Akhir Kelas Kontrol pada Kompetensi Pengetahuan | 252 |
| Lampiran 28. Uji Homogenitas Tes Akhir Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan | 253 |
| Lampiran 29. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Nilai Tes Akhir Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Pengetahuan..... | 254 |
| Lampiran 30. Distribusi Data Pencapaian Kompetensi Fisika Kelas Eksperimen pada Kompetensi Keterampilan | 255 |
| Lampiran 31. Distribusi Data Pencapaian Kompetensi Fisika Kelas Kontrol pada Kompetensi Keterampilan | 256 |
| Lampiran 32. Uji Normalitas Kelas Eksperimen Pada Kompetensi Keterampilan | 257 |
| Lampiran 33. Uji Normalitas Kelas Kontrol pada Kompetensi Keterampilan | 258 |
| Lampiran 34. Uji Homogenitas Kelas Sampel pada Kompetensi Keterampilan | 259 |
| Lampiran 35. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kedua Kelas Sampel pada Kompetensi Keterampilan..... | 260 |
| Lampiran 36. Distribusi Nilai LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro..... | 261 |
| Lampiran 37. Analisis Regresi dan Korelasi Data Pencapaian Kompetensi Sikap..... | 262 |
| Lampiran 38. Analisis Regresi dan Korelasi Hasil Tes Akhir pada Kompetensi Pengetahuan | 266 |
| Lampiran 39. Analisis Regresi dan Korelasi Data Pencapaian Kompetensi Keterampilan | 270 |

| | |
|---|-----|
| Lampiran 40. Uji Homogenitas Kelas Kontrol Sebelum dan Sesudah Menggunakan Model 3C3R PBL pada Kompetensi Pengetahuan..... | 274 |
| Lampiran 41. Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Kelas Kontrol Sebelum dan Sesudah Menggunakan Model 3C3R PBL pada Kompetensi Pengetahuan..... | 275 |
| Lampiran 42. Nilai Kritis L Untuk Uji Liliefors..... | 276 |
| Lampiran 43. Nilai Kritis Sebaran F..... | 277 |
| Lampiran 44. Nilai Persentil untuk Distribusi t..... | 279 |
| Lampiran 45. Surat Izin Penelitian | 280 |
| Lampiran 46. Surat Keterangan Selesai Penelitian..... | 281 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Undang-Undang Republik Indonesia nomor 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Sisdiknas) pasal 1 ayat 1 menyatakan bahwa pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar siswa secara aktif mengembangkan potensi dirinya. Pendidikan diharapkan mampu melahirkan siswa yang religius, berakhlak mulia, cakap, kreatif, mandiri dan bertanggungjawab disamping memiliki ilmu pengetahuan yang memadai sehingga keberadaannya dapat membentuk peradaban bangsa yang bermartabat. Karakter yang menjadi harapan pendidikan nasional tersebut dapat tercapai dengan baik dengan menanamkannya pada diri siswa secara berkesinambungan melalui pembelajaran.

Pembelajaran menurut UU RI No. 20 pasal 1 ayat 20 adalah proses interaksi siswa dengan pendidik dan sumber belajar. Proses pembelajaran dapat terjadi dimanapun, kapanpun, dan dapat bersumber dari apapun yang ditemui sehari-hari di sekitar lingkungan siswa. Kegiatan pembelajaran yang diprogram oleh pendidik diharapkan dapat membuat siswa untuk belajar aktif dan menunjukkan respon yang baik terhadap situasi-situasi tertentu.

Pemerintah telah melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan kualitas pencapaian kompetensi dan proses pembelajaran demi tercapainya tujuan

pendidikan nasional. Upaya yang terus ditingkatkan pemerintah saat ini adalah sertifikasi guru, pengadaan bahan ajar, serta pembenahan sarana dan prasarana. Pemerintah juga telah mengembangkan kurikulum sebagai revisi atas KTSP yang diberi nama kurikulum 2013.

Elemen-elemen perubahan dalam kurikulum 2013 yaitu standar kompetensi lulusan, standar isi, standar proses, dan standar penilaian, serta kegiatan ekstrakurikuler. Kompetensi lulusan hendaknya tercapai oleh siswa secara seimbang untuk dimensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan di setiap jenjang pendidikan. Siswa diharapkan dapat menunjukkan sikap yang baik terhadap diri sendiri, teman sejawat, guru, dan lingkungan sekitarnya. Disamping itu, siswa hendaknya terlatih berpikir secara kritis, analitis, tepat, dan kreatif dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran dalam kehidupan sehari-hari untuk mencapai kompetensi pengetahuan yang baik. Siswa juga diharapkan terampil dalam melakukan berbagai aktivitas dan memecahkan permasalahan yang dihadapi.

Standar proses pada kurikulum 2013 menuntut kegiatan pembelajaran yang dilengkapi dengan kegiatan ilmiah melalui pendekatan saintifik. Kegiatan pembelajaran tidak hanya terjadi di ruang kelas, tetapi juga di lingkungan sekolah dan masyarakat. Kegiatan pembelajaran hendaknya menggunakan model, metode, dan media pembelajaran serta sumber belajar yang disesuaikan dengan karakteristik siswa dan mata pelajaran. Kegiatan pembelajaran

pembelajaran juga disarankan menggunakan model pembelajaran salah satunya pembelajaran berbasis masalah.

Kenyataan yang ditemukan yaitu terdapat beberapa permasalahan yang mempengaruhi pencapaian kompetensi fisika dan proses pembelajaran. Pencapaian kompetensi sikap, pengetahuan, dan keterampilan oleh siswa menunjukkan hasil yang masih rendah. Pencapaian kompetensi fisika pada ranah sikap ditunjukkan oleh masih ditemukan sikap kurang hemat energi pada siswa. Hal ini terlihat ketika siang hari, siswa kadang tidak mematikan lampu kelas mereka.

Pencapaian kompetensi fisika pada ranah pengetahuan ditunjukkan oleh kurangnya kemampuan siswa dalam memahami permasalahan yang dihadapinya. Siswa bingung menemukan solusi permasalahan dalam bentuk soal-soal yang telah dimodifikasi tetapi masih menggunakan konsep yang sama dengan soal yang pernah dipecahkan olehnya. Apabila permasalahan yang diberikan berkaitan dengan beberapa konsep, siswa menjadi semakin sulit menemukan solusi dari permasalahan yang ada. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kreatif siswa masih kurang karena kemampuan menghubungkan konsep-konsep yang telah dipelajari adalah satu ciri-ciri orang yang berpikir kreatif.

Kemampuan berpikir kreatif siswa yang kurang maksimal menandakan bahwa kemampuan berpikir tingkat tingginya juga masih rendah sehingga berdampak pada pencapaian kompetensi fisika pada ranah pengetahuan.

Pencapaian kompetensi fisika pada ranah pengetahuan terlihat dari hasil Ulangan Harian pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ulangan Harian 1 Fisika Semester 1 Kelas XI MIA Tahun Ajaran 2015/2016

| No | Kelas | Jumlah siswa | Rata-Rata | KKM | Ketuntasan | |
|----|----------|--------------|-----------|-----|-------------------|-------------------------|
| | | | | | Persentase Tuntas | Persentase Tidak Tuntas |
| 1 | XI MIA 1 | 32 | 88,8 | 80 | 81 % | 19 % |
| 2 | XI MIA 2 | 31 | 87,6 | | 90 % | 10 % |
| 3 | XI MIA 3 | 32 | 83,3 | | 69 % | 31 % |
| 4 | XI MIA 4 | 33 | 65,3 | | 9 % | 91 % |
| 5 | XI MIA 5 | 33 | 62,2 | | 15 % | 85 % |
| 6 | XI MIA 6 | 34 | 53,0 | | 18 % | 82 % |
| 7 | XI MIA 7 | 32 | 39,0 | | 3 % | 97 % |

Sumber: Guru Mata Pelajaran Fisika Kelas XI SMAN 1 Padang

Tabel 1 menjelaskan nilai ulangan harian 1 fisika semester 1 kelas XI MIA. Rata-rata nilai menunjukkan masih banyak siswa memperoleh nilai dibawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM).

Pencapaian kompetensi fisika pada ranah keterampilan ditunjukkan oleh kurangnya pelaksanaan kegiatan praktikum di Laboratorium. Siswa jarang mempraktikkan teori-teori yang dipelajari untuk membuktikan kebenarannya. Hal ini menyebabkan siswa kurang terampil dalam melakukan kegiatan ilmiah.

Permasalahan pada proses pembelajaran diantaranya adalah belum terlaksananya pembelajaran fisika menurut kurikulum 2013 secara maksimal. Proses pembelajaran yang dilaksanakan belum memaksimalkan pemberian masalah yang dekat dengan siswa. Penggunaan LKS (Lembar Kegiatan Siswa) untuk menuntun kegiatan pemecahan masalah dalam pembelajaran juga belum maksimal. Guru cenderung menjelaskan materi secara langsung sehingga jarang menggunakan LKS. Berdasarkan permasalahan tersebut, pencapaian

kompetensi fisika oleh siswa dan proses pembelajaran masih perlu diperbaiki dan ditingkatkan.

Kompetensi siswa dapat ditingkatkan melalui pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning/PBL*) yang menghadirkan permasalahan nyata sehingga siswa terlatih berpikir secara kritis, analitis, tepat, dan kreatif dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran dalam kehidupan sehari-hari. Masalah nyata yang diberikan sebaiknya berkenaan dengan fenomena yang terjadi di sekitar siswa yang dapat dijelaskan secara logika dan penalaran. Salah satunya adalah permasalahan mengenai krisis energi.

Indonesia memiliki sumber energi yang melimpah namun pengelolaan dan penggunaannya belum memenuhi kebutuhan masyarakat. Sumber energi yang banyak digunakan di Indonesia saat ini berasal dari energi fosil. Sumber energi fosil merupakan energi yang tidak dapat diperbarui dan persediaannya sudah mulai berkurang. Proses pelapukan bahan-bahan fosil juga memerlukan waktu yang sangat lama sementara pemakaian energi fosil terus meningkat dalam kurun waktu yang singkat. Berkurangnya sumber energi yang saat ini dominan digunakan menimbulkan permasalahan krisis energi bagi masyarakat.

Berdasarkan informasi dokumen, “buku putih”, yang berkaitan dengan kebijakan penyelenggaraan pembangunan IPTEK di Indonesia, kebutuhan energi dalam negeri selama ini dipasok dari produksi dalam negeri dan sebagian dari impor, yang pangasanya cenderung meningkat. Komponen terbesar dari impor energi adalah minyak bumi dan BBM. Kemampuan

produksi lapangan minyak bumi semakin menurun sehingga membatasi tingkat produksinya. Kapasitas produksi kilang BBM dalam negeri tidak bertambah sedangkan permintaan BBM di dalam negeri meningkat dengan cepat dalam satu dekade terakhir. Pada tahun 2005 peranan minyak bumi impor untuk kebutuhan bahan baku kilang BBM sudah mencapai 40 persen dan peranan BBM impor untuk pemakaian dalam negeri mencapai 32 persen.

Ekspor minyak semakin menurun sejalan dengan produksi minyak dalam negeri yang cenderung terus menurun. Penurunan produksi minyak disebabkan oleh penuaan sumur yang ada dan juga keterlambatan investasi untuk eksplorasi dan eksploitasi sumber minyak baru. Bilamana tidak segera ditemukan sumber minyak baru, Indonesia akan semakin menjadi negara “*net oil importer country*”. Gejala tersebut cukup merisaukan bagi keberlanjutan penyediaan energi jangka panjang, apalagi di tengah harga minyak internasional yang semakin tinggi.

Indonesia kaya dengan sumber-sumber energi yang dapat diperbarui seperti tenaga surya, air, angin, dan energi panas bumi. Menurut UU No. 30 tahun 2007 tentang energi bahwa “sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.” Jika sumber energi terbarukan dikelola dan dimaksimalkan potensinya dengan baik maka akan dapat mencukupi kebutuhan energi masyarakat. Sumber energi air

(hidro) sebagai sumber energi terbarukan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga listrik sebagai solusi krisis energi di Indonesia.

Energi potensial hidro menghasilkan energi kinetik gerakan turbin sehingga dapat dikonversi menjadi energi listrik. Pada proses ini berlaku hukum kekekalan energi bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, namun energi dapat berubah dari suatu bentuk menjadi bentuk lain. Tumbukan yang terjadi antara air dan turbin menyebabkan turbin bergerak berkaitan dengan konsep momentum.

Pengetahuan tentang krisis energi dan energi hidro tersebut sangat penting bagi siswa agar ikut berperan serta dalam menghemat energi. Permasalahan krisis energi dan energi hidro dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran. Materi energi hidro dapat diintegrasikan ke dalam mata pelajaran Fisika pada materi usaha, energi, momentum, dan impuls dengan menggunakan metode dan proses ilmiah dalam pemecahan masalah sehingga dapat melatih siswa untuk jujur, bertanggung jawab, teliti, berfikir kritis dan objektif.

Pengintegrasian materi energi hidro dalam pembelajaran fisika diharapkan dapat melatih kemampuan berpikir kreatif siswa dalam memecahkan masalah karena permasalahan energi yang diberikan berdasarkan permasalahan nyata yang ditemui siswa. Permasalahan nyata dapat memicu rasa ingin tahu yang tinggi, siswa menjadi termotivasi dalam belajar dan pembelajaran menjadi bermakna. Siswa akan mencari informasi dari berbagai sumber tentang bagaimana mengubah energi hidro menjadi energi lain yang dapat mengganti sumber energi fosil. Di sisi lain, pengintegrasian materi energi hidro

diharapkan dapat memunculkan karakter peduli lingkungan dengan pembiasaan hemat energi pada diri siswa.

Pelaksanaan pembelajaran fisika yang mengintegrasikan materi energi hidro menggunakan model *3C3R (Content, Context, Connection and Researching, Reasoning, Reflecting) Problem Based Learning* agar tercapainya tujuan pembelajaran. Masalah yang dihadirkan dalam pembelajaran didesain dengan memperhatikan konten, konteks, dan koneksi sekitar topik energi hidro. Siswa diarahkan menuju tujuan pembelajaran melalui kegiatan meneliti, menalar, dan merefleksi sehingga siswa dapat mengeluarkan ide-idenya mengenai sumber energi terbarukan tersebut.

Supaya pembelajaran lebih terarah maka digunakan bahan ajar berupa LKS. LKS berisi informasi singkat tentang materi yang akan dipelajari disertai langkah-langkah kerja dalam menemukan pemecahan masalah yang diberikan. Permasalahan yang diberikan berdasarkan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan uraian di atas, masalah krisis energi menjadi salah satu hal yang patut diintegrasikan ke dalam mata pelajaran fisika menggunakan LKS terintegrasi materi energi hidro. Pembelajaran ini diharapkan meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa dalam memecahkan masalah dan menumbuhkan karakter hemat energi.

Pembelajaran yang mengintegrasikan energi terbarukan telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain mengenai energi angin dan biomassa, namun untuk energi air belum ada yang mengintegrasikannya ke dalam

pembelajaran. Penulis belum menemukan penggunaan LKS terintegrasi materi energi hidro ke dalam pembelajaran fisika menggunakan model 3C3R PBL oleh pendidik di sekolah. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh LKS Terintegrasi Materi Energi Hidro terhadap Ppencapaian Kompetensi Fisika dalam Pembelajaran 3C3R PBL pada Materi Usaha, Energi, Momentum, dan Impuls di Kelas XI SMAN 1 Padang”.

B. Pembatasan Masalah

Mengingat kompleksnya masalah dan keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya, maka penulis membatasi masalah penelitian ini yaitu pada:

1. Materi yang sesuai dengan struktur kurikulum 2013 Kelas XI Semester 1 yaitu KD 3.3: Menganalisis konsep energi, usaha, hubungan usaha dan perubahan energi dan hukum kekekalan energi untuk menyelesaikan masalah gerak dalam kehidupan sehari-hari serta (16 Jam Pelajaran) KD: 3.5 Mendeskripsikan momentum dan impuls, hukum kekekalan momentum, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari (16 Jam Pelajaran).
2. Penilaian kompetensi sesuai tuntutan kurikulum 2013 untuk aspek pengetahuan ditinjau dari kemampuan pemecahan masalah oleh siswa.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Apakah terdapat pengaruh LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang?
2. Bagaimana kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang?
3. Apakah terdapat pengaruh model 3C3R PBL terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang?

D. Tujuan Penelitian

1. Menyelidiki pengaruh LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang.
2. Menyelidiki kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang.
3. Menyelidiki pengaruh model 3C3R PBL terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Dapat menumbuhkan kemampuan pemecahan masalah secara kritis dan kreatif sehingga meningkatkan pencapaian kompetensi fisika.
2. Dapat dijadikan bekal pengetahuan dan keterampilan bagi peneliti dalam mengajar di masa yang akan datang.
3. Dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk guru-guru fisika dalam memilih dan menentukan model pembelajaran
4. Dapat dijadikan sumber referensi dan pertimbangan bagi peneliti lain yang ingin melanjutkan dan mengembangkan penelitian ini di masa yang akan datang.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritis

1. Pembelajaran Fisika Menurut Kurikulum 2013

Pembelajaran adalah proses interaksi siswa dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Pembelajaran merupakan bantuan yang diberikan pendidik agar dapat terjadi proses pemerolehan ilmu dan pengetahuan, penguasaan kemahiran dan tabiat, serta pembentukan sikap dan kepercayaan pada siswa. Proses pembelajaran dapat berlaku kapanpun, dimanapun, dan dapat bersumber dari apapun yang ada di alam yang ditemui dalam kehidupan sehari-hari.

Pembelajaran adalah pemberdayaan potensi siswa menjadi kompetensi. Kegiatan pemberdayaan ini tidak dapat berhasil tanpa ada orang yang membantu. Menurut Dimiyati dan Mudjiono (Sagala, 2011: 62) pembelajaran adalah kegiatan guru secara terprogram dalam desain instruksional, untuk membuat belajar secara aktif, yang menekankan pada penyediaan sumber belajar.

Dalam Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional pasal 1 ayat 20 dinyatakan bahwa pembelajaran adalah proses interaksi siswa dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar. Konsep pembelajaran menurut Corey (Sagala, 2011: 61) adalah suatu proses dimana lingkungan seseorang secara

sengaja dikelola untuk memungkinkan ia turut serta dalam tingkah laku tertentu atau menghasilkan respons terhadap situasi tertentu. Pembelajaran merupakan subset khusus dari pendidikan.

Pembelajaran kurikulum 2013 adalah pembelajaran kompetensi dengan memperkuat proses pembelajaran dan penilaian autentik untuk mencapai kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan. Penguatan proses pembelajaran dilakukan melalui pendekatan saintifik, yaitu pembelajaran yang mendorong siswa lebih mampu dalam mengamati, menanya, mencoba/mengumpulkan data, mengasosiasi/menalar, dan mengomunikasikan.

Sains termasuk fisika memiliki tiga aspek yaitu:

- a. Aspek pengetahuan, fisika sebagai *body of knowledge* berisi fakta, konsep, prinsip, hukum dan teori. Ini adalah produk ilmiah dari fisika.
- b. Aspek proses, fisika sebagai proses ilmiah berisi keterampilan proses ilmiah yang harus dilaksanakan untuk menghasilkan produk ilmiah. Ini dikenal sebagai metode ilmiah (*scientific method*) yang berisi langkah-langkah merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan eksperimen, mengumpulkan data, menganalisis data, dan menarik kesimpulan.
- c. Aspek sikap, dalam melaksanakan proses ilmiah, seorang Fisikawan didorong dan dikendalikan oleh sikap-sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, skeptis atau selalu minta bukti, terbuka terhadap pendapat lain, jujur, objektif, setia pada data, teliti, kerjasama, tidak mudah menyerah.

Severinus (2013:5)

Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan pembelajaran fisika merupakan kegiatan untuk memperoleh pengetahuan yang berkaitan dengan gejala dan fenomena alam. Kegiatan tersebut dilakukan melalui proses ilmiah sehingga terjadi perubahan perilaku terhadap alam dan dapat mengembangkan potensi yang dimiliki oleh siswa.

Pembelajaran fisika yang berpusat pada siswa dapat melahirkan siswa yang kreatif dan aktif dalam belajar fisika. Tujuan dari pembelajaran fisika menurut Permendikbud nomor 59 tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 SMA/MA yaitu:

- a. Menambah keimanan siswa dengan menyadari hubungan keteraturan, keindahan alam, dan kompleksitas alam dalam jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya.
- b. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, objektif, jujur, teliti, cermat, tekun, ulet, hati-hati, bertanggung jawab, terbuka, kritis, kreatif, inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap ilmiah dalam melakukan percobaan dan berdiskusi.
- c. Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan, memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, objektif, terbuka, ulet, kritis dan dapat bekerjasama dengan orang lain.
- d. Mengembangkan pengalaman untuk menggunakan metode ilmiah dalam merumuskan masalah, mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan, merancang dan merakit instrumen percobaan, mengumpulkan, mengolah, dan menafsirkan data, serta mengkomunikasikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis.
- e. Mengembangkan kemampuan bernalar dalam berpikir analisis induktif dan deduktif dengan menggunakan konsep dan prinsip fisika untuk menjelaskan berbagai peristiwa alam dan menyelesaikan masalah baik secara kualitatif maupun kuantitatif.
- f. Menguasai konsep dan prinsip fisika serta mempunyai keterampilan mengembangkan pengetahuan, dan sikap percaya diri sebagai bekal untuk melanjutkan pendidikan pada jenjang yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Berdasarkan tujuan di atas, maka kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah menjadi perhatian utama. Oleh karena itu siswa dalam pembelajaran sebaiknya diberikan permasalahan. Permasalahan akan merangsang siswa untuk melakukan kegiatan ilmiah.

Masalah pada dasarnya merupakan hambatan atau rintangan yang harus disingkirkan, atau pertanyaan yang harus dijawab atau dipecahkan. Masalah diartikan pula sebagai kesenjangan antara kenyataan dan harapan. Setiap orang tidak pernah luput dari menghadapi masalah. Hal ini menuntut kemampuan untuk memecahkannya. Kemampuan seseorang dalam mengidentifikasi/mengenal masalah, apalagi memecahkannya itu berbeda-beda. Kemampuan dalam memecahkan masalah banyak ditunjang oleh kemampuan menggunakan penalaran, yaitu kemampuan dalam melihat hubungan sebab akibat. Namun seringkali terjadi seseorang mempunyai kemampuan penalaran cukup baik, tetapi gagal dalam memecahkan suatu permasalahan. Hal ini disebabkan orang yang bersangkutan memilih langkah-langkah yang salah. Langkah-langkah dalam pemecahan masalah merupakan sesuatu yang dapat menuntun ke arah penyelesaian yang tepat.

Langkah-langkah dalam pemecahan masalah yaitu: 1) merasakan adanya kesulitan atau masalah yang menuntut pemecahan. Siswa dihadapkan pada suatu masalah dengan maksud agar merasakan atau menyadari adanya masalah; 2) merumuskan dan membatasi masalah sebagai dasar untuk mencari fakta dalam upaya menemukan pemecahannya. Siswa harus mampu merumuskan dengan singkat dan tepat apa sebenarnya masalahnya; 3) mengajukan suatu rumusan kesimpulan sementara terhadap pemecahan masalah (hipotesis) yang akan diuji kebenaran berdasarkan fakta atau argumentasi yang nalar. Siswa menelusuri kemungkinan-kemungkinan untuk bertindak mencari

pemecahan masalah sebaik-baiknya; 4) menguji hipotesis yang diajukan dengan suatu bukti yang dapat menjadi dasar untuk menolak atau menerima kebenaran hipotesis yang dibuat. Pengujian kebenaran ini berarti mengetes perumusan hipotesis yang diajukan dengan pengamatan kenyataan sebenarnya atau lewat percobaan-percobaan yang dilakukan siswa; 5) merumuskan kesimpulan dari hasil pengujian hipotesis (Sumiati: 2007,133-136). Kegiatan pemecahan masalah diawali dengan siswa merasakan permasalahan yang dihadapinya. Setelah itu siswa merumuskan permasalahan tersebut dengan ringkas dan akan mempunyai dugaan sementara. Permasalahan yang ada akan menuntut siswa untuk menemukan kemungkinan penyelesaian masalah tersebut dan menguji dugaan sebelumnya melalui pengamatan kenyataan atau percobaan-percobaan. Model pembelajaran yang menghadirkan permasalahan pada siswa dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada diri siswa sehingga membantunya dalam memecahkan masalah yang dihadapi.

2. Model 3C3R PBL

Model *Problem Based Learning (PBL)* menurut Duch (1995) merupakan model pembelajaran yang menantang siswa untuk belajar bagaimana belajar, bekerja secara berkelompok untuk mencari solusi dari permasalahan dunia nyata. Permasalahan digunakan untuk mengikat siswa pada rasa ingin tahu pada pembelajaran yang dimaksud. PBL adalah suatu menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi siswa untuk belajar tentang cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan

masalah, serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep yang esensial dari materi materi pelajaran.

Amri (2013: 13) menyatakan langkah-langkah model pembelajaran berdasarkan masalah (*Problem Based Learning*) yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Langkah-langkah PBL

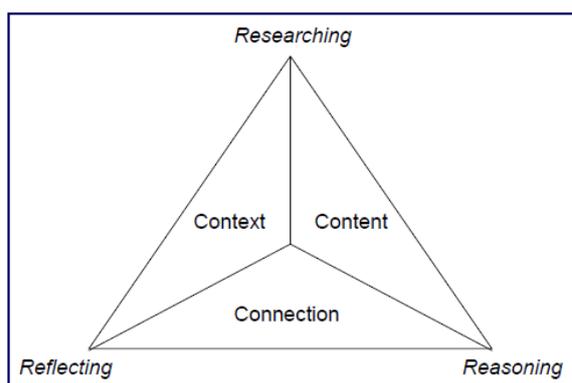
| Fase | Indikator | Kegiatan Guru |
|------|---|--|
| 1 | Orientasi siswa kepada masalah. | Guru menjelaskan tujuan pembelajaran, menjelaskan logistik yang diperlukan, memotivasi siswa terlibat aktif dan kreatif dalam aktifitas pemecahan masalah yang dipilihnya. |
| 2 | Mengorganisasi siswa untuk belajar. | Guru membantu siswa mendefinisikan dan mengorganisasikan tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut. |
| 3 | Membimbing penyelidikan individual maupun kelompok. | Guru mendorong siswa untuk mengumpulkan informasi yang sesuai dan melaksanakan eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah. |
| 4 | Mengembangkan dan menyajikan hasil karya. | Guru membantu siswa dalam merencanakan dan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan, video, model dan membantu mereka untuk berbagi tugas dengan temannya. |
| 5 | Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. | Guru membantu siswa melakukan refleksi atau evaluasi terhadap penyelidikan mereka dan proses-proses yang mereka gunakan. |

Kemendikbud menyatakan langkah-langkah operasional PBL dalam proses pembelajaran yaitu: 1) Konsep Dasar (*Basic Concept*). Fasilitator memberikan konsep dasar, petunjuk, referensi, atau link dan skill yang diperlukan dalam pembelajaran tersebut. Hal ini dimaksudkan agar siswa lebih cepat masuk dalam atmosfer pembelajaran dan mendapatkan ‘peta’ yang akurat tentang arah dan tujuan pembelajaran; 2) Pendefinisian Masalah (*Defining the Problem*). Dalam langkah ini fasilitator

menyampaikan permasalahan lalu siswa melakukan berbagai kegiatan brainstorming dan semua anggota kelompok mengungkapkan pendapat, ide, dan tanggapan terhadap skenario secara bebas, sehingga dimungkinkan muncul berbagai macam alternatif pendapat; 3) Pembelajaran Mandiri (*Self Learning*) Siswa mencari berbagai sumber yang dapat memperjelas isu yang sedang diinvestigasi. Sumber yang dimaksud dapat dalam bentuk artikel tertulis yang tersimpan di perpustakaan, halaman web, atau bahkan pakar dalam bidang yang relevan; 4) Pertukaran Pengetahuan (*Exchange knowledge*). Setelah mendapatkan sumber untuk keperluan pendalaman materi dalam langkah pembelajaran mandiri, selanjutnya pada pertemuan berikutnya siswa berdiskusi dalam kelompoknya untuk mengklarifikasi capaiannya dan merumuskan solusi dari permasalahan kelompok. Pertukaran pengetahuan ini dapat dilakukan dengan cara peserta didik berkumpul sesuai kelompok dan fasilitatornya; 5) Penilaian (*Assessment*). Penilaian dilakukan dengan memadukan tiga aspek pengetahuan (*knowledge*), kecakapan (*skill*), dan sikap (*attitude*). Penilaian terhadap penguasaan pengetahuan yang mencakup seluruh kegiatan pembelajaran yang dilakukan dengan Ujian Akhir Semester (UAS), Ujian Tengah Semester (UTS), kuis, PR, dokumen, dan laporan. Penilaian terhadap kecakapan dapat diukur dari penguasaan alat bantu pembelajaran, baik software, hardware, maupun kemampuan perancangan dan pengujian.

Desain masalah merupakan hal yang krusial untuk efektifitas pembelajaran berbasis masalah. Model 3C3R (*Content, Context,*

Connection And Researching, Reasoning, Reflecting) PBL adalah salah satu sarana untuk meningkatkan kualitas pembelajaran menggunakan desain proses yang sistematis. Model 3C3R terdiri dari dua kelas komponen yaitu komponen inti dan komponen proses. Komponen inti meliputi konten, konteks, dan koneksi, dan digunakan untuk mendukung pembelajaran. Komponen proses terdiri dari penelitian, penalaran, dan pemikiran, memperhatikan proses kognitif siswa dari pembelajaran dan keterampilan pemecahan masalah (Hung, 2006:56). Komponen-komponen 3C3R tersebut terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Model 3C3R PBL (Hung, 2006:57).

Aspek-aspek tersebut mengatur kegiatan pemecahan masalah dengan mempertimbangkan hubungan pengetahuan siswa sebelumnya. Proses kognitif dan kemampuan memecahkan masalah adalah komponen utama dari PBL.

a. Komponen inti dari 3C3R

Komponen inti dari model 3C3R terkonsentrasi dengan penataan konten pengetahuan, mengontekstualisasikan domain pengetahuan, dan membangun kerangka konseptual sekitar topik yang

diteliti. Komponen inti pertama adalah konten. Komponen konten bertujuan untuk mengatasi esensi dari desain konten masalah PBL. Inti kedua komponen konteks. Basis pengetahuan siswa harus diatur dalam bentuk yang siap untuk digunakan dalam konteks klinis. Pembelajaran dalam konteks praktis membantu siswa menyadari bagaimana pengetahuan tersebut digunakan. Siswa membutuhkan situasi spesifik atau kontekstual tertentu yang tersirat tetapi penting untuk menjadi pemecahan masalah yang efektif. Komponen inti ketiga adalah koneksi. Dengan mengembangkan basis pengetahuan yang "dikemas" sebagai kumpulan kasus atau masalah, siswa secara efektif dapat mengambil pengetahuan yang relevan untuk memecahkan masalah yang mereka hadapi. Permasalahan hendaknya saling berkaitan dengan basis pengetahuan siswa. Jika konsep dan informasi dasar siswa tidak secara eksplisit berhubungan bisa membuat transfer pengetahuan sulit dilakukan.

b. Komponen pengolahan model 3C3R

Tiga komponen pengolahan model 3C3R adalah meneliti, menalar, dan merefleksi. Komponen-komponen pengolahan mengarahkan siswa menuju tujuan pembelajaran dan mengatur tingkat pengolahan kognitif yang diperlukan dalam kesesuaian dengan kesiapan kognitif siswa. Tahap pertama dari proses pemecahan masalah adalah memahami masalah dengan meneliti informasi yang diperlukan. Komponen ini memandu siswa terhadap konten yang

diinginkan dan mencegah mereka menyimpang dari tujuan yang diinginkan. Kedua komponen penalaran, meningkatkan penerapan pengetahuan yang diperoleh dari proses penelitian dan pengembangan keterampilan pemecahan masalah siswa. Karena siswa harus menganalisis informasi dan menghasilkan uji hipotesis dan solusi terhadap permasalahan, mereka harus menempatkan pengetahuan mereka ke dalam praktek bukan hanya menghafal. Komponen pengolahan ketiga yaitu refleksi. Refleksi adalah elemen penting yang membantu siswa mencapai kompetensi yang optimal dan menjadi pembelajar mandiri seumur hidup. Dengan merefleksikan pengetahuan dari semua proses pemecahan masalah, siswa memiliki kesempatan secara sistematis dan konseptual mengatur dan mengintegrasikan pengetahuan mereka. Komponen refleksi membimbing siswa untuk menilai efektivitas dan efisiensi pembelajaran mereka sendiri (Hung, 2006).

3. Kompetensi Belajar

Kompetensi belajar merupakan tujuan akhir dari suatu pembelajaran. Jika kompetensi pembelajaran akhir siswa baik maka dapat disimpulkan bahwa proses pembelajaran siswa juga baik. Apabila kompetensi akhir belajar siswa ini belum memuaskan berarti proses pembelajaran siswa juga belum baik. Terdapat tiga kompetensi sasaran dalam penilaian pencapaian kompetensi fisika yaitu kompetensi pengetahuan, kompetensi sikap dan kompetensi keterampilan. Kompetensi pengetahuan adalah kompetensi

yang mencakup kegiatan intelektual yang dilakukan oleh otak. Kompetensi sikap merupakan kompetensi yang berkaitan dengan ekspresi dari nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sedangkan kompetensi keterampilan menunjukkan tingkat keahlian seseorang dalam suatu tugas atau sekumpulan tugas tertentu.

Penilaian pencapaian kompetensi fisika ditujukan untuk mengetahui dan memperbaiki pencapaian kompetensi. Instrumen penilaian pencapaian kompetensi fisika adalah alat untuk mengetahui kekurangan yang dimiliki setiap siswa atau sekelompok siswa. Kekurangan tersebut harus segera diikuti dengan proses perbaikan terhadap kekurangan dalam aspek pencapaian kompetensi fisika yang dimiliki seorang atau sekelompok siswa.

Kunandar (2013 : 62) menjelaskan hasil belajar adalah kompetensi atau kemampuan tertentu baik sikap, pengetahuan, maupun keterampilan yang dicapai atau dikuasai siswa setelah mengikuti proses belajar mengajar. Pembelajaran melahirkan siswa yang kreatif, inovatif dan efektif melalui sikap, pengetahuan dan keterampilan yang terintegrasi (Hosnan, 2014: 32). Rincian gradasi sikap, pengetahuan dan keterampilan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rincian Pada Gradasi Sikap, Pengetahuan dan Keterampilan

| Sikap (<i>attitude</i>) | Pengetahuan (<i>knowledge</i>) | Keterampilan (<i>skill</i>) |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Menerima | Mengamati | Mengamati |
| Menjalankan | Memahami | Menanya |
| Menghargai | Menerapkan | Mencoba |
| Menghayati | Menganalisis | Menalar |
| Mengamalkan | Mengevaluasi | Menyaji |

Sumber : Hosnan (2014:33)

a. Kompetensi Sikap

Sikap merupakan sebuah ekspresi dari nilai-nilai atau pandangan hidup yang dimiliki oleh seseorang. Sikap dapat dibentuk, sehingga terjadi perilaku atau tindakan yang diinginkan (Kurniasih, 2014: 65). Penilaian aspek sikap dapat dilakukan dengan daftar isian sikap (pengamatan pribadi) diri sendiri dan daftar isian sikap yang disesuaikan dengan kompetensi inti (Mulyasa, 2013:137). Kunandar (2013:104) menyatakan penilaian kompetensi sikap adalah penilaian yang dilakukan guru untuk mengukur tingkat pencapaian kompetensi sikap diri siswa yang meliputi aspek menerima atau memperhatikan (*receiving* atau *attending*), merespon atau menanggapi (*responding*), menilai atau menghargai (*valuing*), mengorganisasi atau mengelola (*organization*), dan berkarakter (*characterization*). Kurikulum 2013 membagi kompetensi sikap menjadi 2 bagian, yakni sikap spritual dan sikap sosial.

b. Kompetensi Pengetahuan

Kompetensi *pengetahuan* berhubungan dengan kemampuan berpikir siswa. Pada taksonomi Bloom terdapat kategori proses kognitif yaitu mengingat, memahami, mengaplikasikan, menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta. Mengingat berarti mengambil pengetahuan tertentu dari memori jangka panjang. Memahami adalah mengkonstruksi makna dari materi pembelajaran termasuk apa yang diucapkan, ditulis, dan digambar oleh guru. Mengaplikasikan berarti menerapkan atau

menggunakan suatu proses dalam keadaan tertentu. Menganalisis berarti memecah-mecah materi jadi bagian-bagian penyusunnya dan menentukan hubungan-hubungan antarbagian itu dan hubungan antara bagian-bagian tersebut dan keseluruhan struktur atau tujuan. Mengevaluasi ialah mengambil keputusan berdasarkan kriteria tertentu. Mencipta adalah memadukan bagian-bagian untuk membentuk sesuatu yang baru dan koheren atau untuk membuat suatu produk orisinal (Anderson: 2010).

Dimensi pengetahuan berisi kategori, yaitu faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Taksonomi Hasil Revisi Oleh Anderson Dan Krathwohl

| Dimensi Proses Kognitif | | | | | | |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| Dimensi Pengetahuan | 1. Mengingat | 2. Memahami | 3. Mengaplikasikan | 4. Menganalisis | 5. Mengevaluasi | 6. Mencipta |
| A. Faktual | | | | | | |
| B. Konseptual | | | | | | |
| C. Prosedural | | | | | | |
| D. Metakognitif | | | | | | |

Sumber: Anderson (2010)

Berdasarkan Tabel 4, terdapat empat tipe pengetahuan umum : faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif.

1) Pengetahuan faktual adalah pengetahuan yang mempunyai ciri-ciri tampak lebih nyata dan operasional, serta bersifat penjelasan singkat atau bersifat kebendaan yang diobservasi dengan mudah. Meliputi

defenisi pengetahuan, pengetahuan umum dan bagian-bagiannya, atau bentuk dari bagian-bagian sesuatu benda baik dalam bentuk proses atau hasil pekerjaan manusia atau alam.

- 2) Pengetahuan konseptual adalah pengetahuan yang lebih rumit dalam bentuk pengetahuan yang tersusun secara matematis. Meliputi pengetahuan pengklasifikasian, prinsip-prinsip, generalisasi, teori-teori, hukum, model-model dan struktur isi materi lainnya.
- 3) Pengetahuan prosedural adalah pengetahuan bagaimana melakukan sesuatu. Meliputi pengetahuan keterampilan dalam algoritma, teknik-teknik metode-metode, dan penentuan kriteria pengetahuan atau pembenaran 'ketika melakukan apa' dalam ranah dan mata pelajaran tertentu
- 4) Pengetahuan metakognitif adalah pengetahuan mengenai pengertian umum dan pengetahuan tentang salah satu pengertian pokok. Meliputi pengetahuan strategi; pengetahuan tentang tugas-tugas, termasuk pengetahuan kontekstual dan kondisional; pengetahuan itu sendiri.

c. Kompetensi Keterampilan

Kompetensi keterampilan bertujuan untuk menilai kemampuan siswa dalam bertindak. Kunandar (2013:256) menjelaskan kompetensi keterampilan itu sendiri menunjukkan tingkat keahlian seseorang dalam suatu tugas atau sekumpulan tugas tertentu. Pendidik menilai kompetensi keterampilan melalui penilaian kinerja, yaitu penilaian yang

menuntut siswa mendemonstrasikan suatu kompetensi tertentu dengan menggunakan tes praktik, proyek, dan penilaian portofolio. Instrumen yang digunakan berupa daftar cek atau skala penilaian (*rating scale*) yang dilengkapi rubrik. Penilaian pada aspek keterampilan menitikberatkan pada keterampilan tertentu dalam pembelajaran. Penilaian hasil belajar keterampilan ini berkaitan dengan proses yang dilakukan siswa.

4. Materi Usaha, Energi, Momentum dan Impuls serta Aplikasinya pada Materi Energi Hidro

a. Usaha

Kata usaha memiliki berbagai defenisi dalam kehidupan sehari-hari, beberapa contoh yaitu: 1) Yani berusaha keras memahami materi trigonometri untuk menghadapi ulangan; 2) Tika berusaha sekuat tenaga mendorong lemari di kamarnya namun tidak bergerak. Sebagai suatu besaran, “usaha” dalam fisika memiliki pengertian yang spesifik. Menurut Tripler (1998:155) usaha dikatakan bekerja pada suatu benda jika suatu benda diberikan gaya sehingga titik tangkap gaya tersebut bergerak pada jarak tertentu. Giancoli (2001:173) menyebutkan bahwa kerja yang dilakukan pada suatu benda oleh gaya yang konstan (konstan dalam hal besar dan arah) didefenisikan sebagai hasil kali besar perpindahan dengan komponen gaya yang sejajar dengan perpindahan. Sears (1982:156) menyebutkan bahwa usaha berlaku bila ada gaya yang dikerjakan terhadap sebuah benda dan benda tersebut bergerak

sedemikian rupa sehingga gaya yang bekerja tersebut mempunyai komponen di sepanjang garis gerak titik tangkapnya. Dengan demikian usaha dapat didefinisikan sebagai apa yang dihasilkan oleh gaya ketika dikerjakan pada benda sehingga berpindah posisinya sampai pada jarak tertentu.

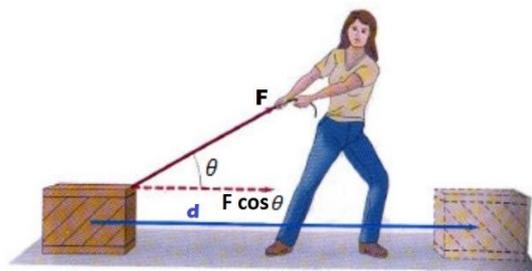
Giancoli (2001:173) merumuskan usaha dalam bentuk persamaan matematis:

$$W = F_{\parallel} d \quad \dots (1)$$

dimana F_{\parallel} adalah komponen gaya konstan \mathbf{F} yang sejajar dengan perpindahan \mathbf{d} . Kita juga dapat menuliskan

$$W = F d \cos \theta \quad \dots (2)$$

dimana F adalah besar gaya konstan, d adalah besar perpindahan benda, dan θ adalah sudut antara arah gaya dan perpindahan. Faktor θ muncul karena $F \cos \theta (=F_{\parallel})$ adalah komponen \mathbf{F} yang sejajar dengan \mathbf{d} . Contohnya seseorang yang menarik sebuah peti di lantai (Gambar 2) dengan gaya \mathbf{F} dan membentuk sudut θ terhadap perpindahan d maka usaha yang dilakukan merupakan perkalian komponen \mathbf{F} yang sejajar dengan \mathbf{d} , seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Seseorang menarik sebuah peti sepanjang lantai.

Serway (2009: 280) menyatakan usaha adalah besaran skalar, dan satuannya adalah gaya dikalikan panjang. Oleh karena itu, satuan SI dari usaha adalah newton meter (Nm). Kombinasi dari satuan ini sering digunakan sehingga diberikan nama tersendiri, joule (J).

Usaha merupakan suatu perpindahan energi. Jika W adalah usaha yang dilakukan pada sebuah sistem dan W positif, maka energi dipindahkan pada sistem tersebut. Jika W adalah negatif, maka energi dipindahkan dari sistem. Oleh karena itu, jika sebuah sistem berinteraksi dengan lingkungannya, maka interaksi ini dapat dijelaskan sebagai suatu perpindahan energi melintasi batasan sistem. Ini akan menghasilkan sebuah perubahan energi yang disimpan dalam sistem. Air yang bergerak memiliki energi yang dapat dipindahkan sehingga air dapat melakukan usaha pada suatu benda.

b. Energi

Dalam *Encyclopædia Britannica Ultimate Reference Suite* (2012) dijelaskan bahwa energi biasanya dan kebanyakan didefinisikan sebagai padanan atau kapasitas untuk melakukan kerja. Kata itu sendiri berasal dari bahasa Yunani *energeia*: en, "dalam"; *ergon*, "kerja." Energi baik yang dapat dikaitkan dengan material, seperti dalam pegas melingkar atau benda yang bergerak, atau dapat yang tidak berkaitan dengan materi, seperti cahaya dan radiasi elektromagnetik yang melintasi ruang hampa lainnya. Energi dalam sistem mungkin hanya sebagian yang dapat digunakan. Dimensi energi yaitu dari usaha, yang dalam mekanika

klasik, didefinisikan secara resmi sebagai produk massa (m) dan kuadrat perbandingan panjang (l) dengan waktu (t): $[M][L]^2/[T]^2$. Ini berarti bahwa semakin besar massa atau jarak yang dilalui dimana dia bergerak atau sedikit waktu yang diperlukan untuk memindahkan massa, semakin besar kerja yang akan dilakukan, atau semakin besar energi yang dikeluarkan. UU nomor 30 Tahun 2007 tentang energi menyebutkan bahwa “energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika”. Dapat disimpulkan bahwa energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha.

Energi dapat hadir dalam berbagai bentuk seperti yang dijelaskan dalam Encyclopædia Britannica (2012) bahwa energi dapat berupa potensial, kinetik, panas, listrik, kimia, nuklir, atau berbagai bentuk lainnya. Selain itu terdapat energi dalam proses transfer dari satu tubuh ke yang lainnya, contohnya usaha dan kalor. Setelah ditransfer, energi selalu ditandai berdasarkan sifatnya. Maka, kalor yang ditransfer dapat menjadi energi panas, sementara usaha yang dilakukan dapat menunjukkan dirinya dalam bentuk energi mekanik.

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional. Penggunaan energi di Indonesia meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Sedangkan akses ke energi yang

andal dan terjangkau merupakan prasyarat utama untuk meningkatkan standar hidup masyarakat. Oleh karena itu berbagai penelitian dilakukan oleh para peneliti untuk menemukan sumber energi diluar migas sebagai sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan.

Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi pada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Rida Mulyana mengatakan, prioritas pemerintah untuk mengembangkan energi baru terbarukan adalah dari panas bumi, hidro, dan bioenergi (biomassa). Alasannya, potensi di Indonesia besar. Berdasarkan data DEN, potensi panas bumi di Indonesia 28.910 megawatt, potensi tenaga hidro 75.000 megawatt, dan potensi biomassa 32.654 megawatt. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah pembangkit listrik tenaga hidro.

Air merupakan sumber energi yang murah dan relatif mudah didapat, karena pada air tersimpan energi potensial (pada air jatuh) dan energi kinetik (pada air mengalir). Aliran air sungai yang dapat dimanfaatkan banyak terdapat di Indonesia seperti yang terlihat pada Gambar 3. Tenaga air (*hydropower*) adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan kincir air atau turbin air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air di sungai.



Gambar 3. Aliran air dari pegunungan
(sumber: <http://knowledgecenter.ptpp.co.id/>)

Listrik mikro hidro memanfaatkan energi dari air yang jatuh untuk menghasilkan listrik. Karena air mengalir siang dan malam, sistem mikro hidro membutuhkan penyimpanan baterai jauh lebih sedikit daripada teknologi lainnya. Bahkan jika sungai jauh, hal itu mungkin masih layak. Jarak beberapa kilometer dapat ditutupi oleh pemanfaatan generator tegangan tinggi.

Beberapa keuntungan yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah sebagai berikut:

- a. Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
- b. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan.
- c. Tidak menimbulkan pencemaran.
- d. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
- e. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhan air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Mikrohidro bisa memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar, misalnya dengan ketinggian air 2.5 meter dapat dihasilkan listrik 400 W. (Hendar. 2007). Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Dalam suatu sistem pembangkit listrik dengan tenaga air, turbin air merupakan salah satu peralatan utama selain generator. Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, mengkonversikan energi dari sejumlah air yang jatuh menjadi energi mekanik pada putaran poros turbin yang nantinya poros tersebut akan memutar generator.

a. Energi Kinetik

Salah satu bentuk energi yang dikemukakan dalam Encyclopædia Britannica (2012) yaitu bentuk energi yang suatu benda atau partikel miliki disebabkan oleh gerakannya. Jika usaha, yang mentransfer energi, dilakukan pada benda dengan memberikan sejumlah gaya, benda dipercepat dan dengan demikian

meningkatkan energi kinetik. Energi kinetik adalah properti dari benda bergerak atau partikel dan tidak hanya tergantung pada gerak tetapi juga pada massanya. Jenis gerak dapat berupa translasi (atau gerak sepanjang lintasan dari satu tempat ke tempat lain), rotasi disekitar sumbu, getaran, atau kombinasi dari beberapa gerakan. Menurut Young (2002:184), energi kinetik K dari sebuah partikel sama dengan jumlah kerja yang dibutuhkan untuk mempercepat partikel dari keadaan diam sampai laju v ; ini juga sama dengan jumlah kerja yang dapat dilakukan partikel untuk dikembalikan ke keadaan diam. Energi kinetik sebuah partikel dengan massa m dan laju v adalah

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \quad \dots(3)$$

Energi kinetik adalah sebuah besaran skalar yang tidak memiliki arah dalam ruang; besarnya selalu positif atau nol. Satuannya sama dengan satuan kerja: $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$.

Pada sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi hidro, energi air dapat diperoleh dari aliran air datar dengan energi yang tersedia merupakan energi kinetik sesuai dengan persamaan (3).

b. Energi potensial

Giancoli (2001:182) menyatakan benda juga mungkin memiliki energi potensial, yang merupakan energi yang dihubungkan dengan gaya-gaya yang bergantung pada posisi atau konfigurasi benda (atau benda-benda) dan lingkungannya. Berbagai

jenis energi potensial (EP) dapat didefinisikan, dan setiap jenis dihubungkan dengan suatu gaya tertentu. Sementara itu Young (2002:184) menyatakan konsep energi potensial merupakan energi yang terkait dengan posisi suatu sistem dan bukan dengan gerak sistem tersebut. Dalam pendekatan tersebut terdapat energi potensial gravitasi bahkan ketika penyelam sedang berdiri di atas papan loncat. Energi tidak ditambahkan ke sistem bumi-penyelam saat penyelam jatuh, tetapi suatu tempat penyimpanan energi ditransformasi dari satu bentuk (energi potensial) ke bentuk lain (energi kinetik) pada saat penyelam itu meloncat. Jika penyelam melenting di ujung papan sebelum meloncat, papan yang melengkung menyimpan jenis kedua dari energi potensial yang dinamakan energi potensial elastis. Kita akan membicarakan energi potensial elastis sistem sederhana seperti pegas yang ditekan atau ditarik.

Jika sebuah partikel bermassa m pada ketinggian y di atas permukaan bumi, energi potensial gravitasi dari sistem partikel-bumi adalah

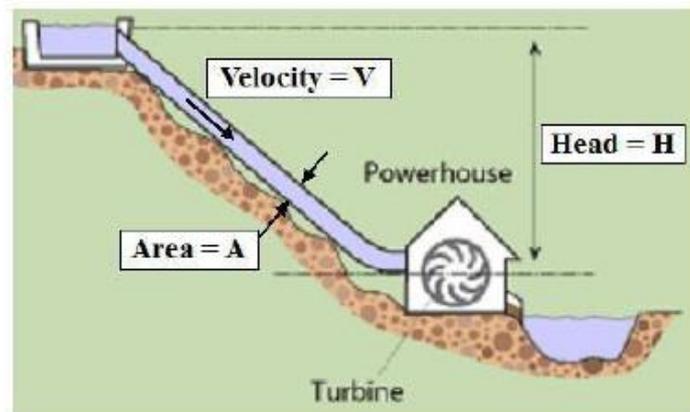
$$U_g = mgy \quad \dots (4)$$

Energi potensial pegas dengan konstanta k adalah

$$U_s = \frac{1}{2} k x^2 \quad \dots (5)$$

Kita tentukan energi potensialnya nol untuk konfigurasi ini (Serway, 2009:361).

Pada sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi hidro, besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya head dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka head adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincirair/turbin air. Model persamaan dari turbin mikrohidro yang memanfaatkan jatuhnya air setinggi H terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Model persamaan dari turbin mikro hidro
Sumber: Bhumkittipich,dkk,2013:237

Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$E = mgh \quad \dots (6)$$

dengan

m adalah massa air

h adalah head (m)

g adalah percepatan gravitasi (m/s^2).

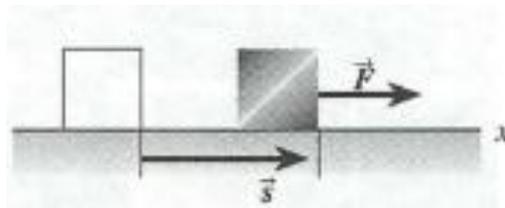
Sedangkan energi potensial air yang diperoleh pada turbin dipengaruhi oleh efisiensi turbin itu sendiri sehingga persamaan energi potensial air pada sistem mikrohidro yaitu:

$$E_p = \rho mgH \quad \dots (7)$$

dimana E_p = Daya listrik terukur dalam Watt, ρ = efisiensi turbin (%), H = ketinggian dalam meter(m), Q = Aliran dalam liter per sekon (m^3/s), g = percepatan gravitasi dalam meter per sekon. Percepatan gravitasi diperkirakan 9,81. (Bhumkittipich, dkk, 2013: 237).

c. Hubungan Usaha dan Perubahan Energi

Perhatikan sebuah partikel dengan massa m yang bergerak disepanjang sumbu x di bawah kerja gaya total konstan dengan besar F yang arahnya terletak di sepanjang sumbu x positif (Gambar 5).



Gambar 5. suatu gaya konstan F bekerja dalam arah yang sama dengan perpindahan s .

Percepatan partikel tersebut konstan dan didapatkan dari hukum kedua Newton, $F = ma$. Misalkan laju berubah dari v_1 ke v_2 ketika partikel melakukan perpindahan $s = x_2 - x_1$ dari titik x_1 ke x_2 . Dengan menggunakan persamaan percepatan konstan, dan mengganti v_0 dengan v_1 , v dengan v_2 , dan $(x - x_0)$ dengan s , kita dapatkan

$$v_2^2 = v_1^2 + 2as$$

$$\mathbf{a} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} \quad \dots (8)$$

Jika kita mengalikan persamaan ini dengan m dan mengganti ma dengan gaya total F , kita dapatkan

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2s} \quad \dots(9)$$

dan

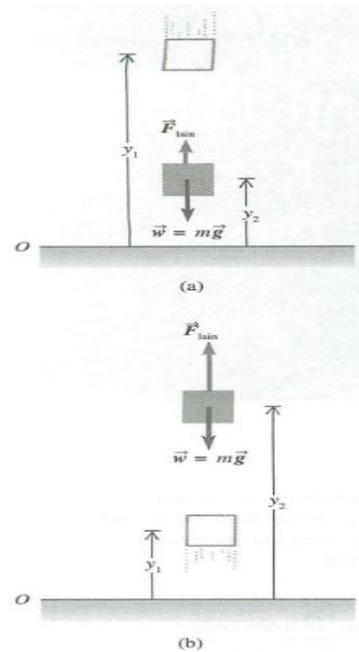
$$\mathbf{F}s = \frac{1}{2}m\mathbf{v}_2^2 - \frac{1}{2}m\mathbf{v}_1^2 \quad \dots(10)$$

Hasil kali Fs adalah kerja yang dilakukan oleh gaya total F dan akibatnya sama dengan kerja total W_{tot} yang dilakukan oleh semua gaya yang bekerja pada partikel. Suku pertama pada sisi kanan persamaan (10) adalah $K_2 = \frac{1}{2}m \mathbf{v}^2$, energi kinetik akhir partikel (yaitu setelah perpindahan). Suku kedua adalah energi kinetik awal $K_1 = \frac{1}{2}m \mathbf{v}^2$ dan selisih antara keduanya adalah perubahan energi kinetik. Sehingga persamaan (10) menyatakan bahwa kerja yang dilakukan oleh gaya total pada partikel sama dengan perubahan energi kinetik partikel:

$$W_{tot} = K_2 - K_1 \text{ (teorema kerja-energi).}$$

Hasilnya adalah teorema kerja-energi (*work-energy theorem*) (Young,2002:169-170).

Ketika sebuah benda jatuh tanpa hambatan udara, maka energi potensial gravitasi akan berkurang, dan energi kinetik benda akan bertambah. Energi kinetik benda yang jatuh tersebut bertambah karena gaya gravitasi bumi (berat benda) melakukan kerja pada benda.



Gambar 6. Gerak vertikal suatu benda mulai dari ketinggian awal y_1 sampai dengan ketinggian akhir y_2 . Perpindahan vertikal dapat terjadi (a) ke bawah atau (b) ke atas.

Misalnya ada sebuah benda bermassa m bergerak sepanjang sumbu y (vertikal), seperti terlihat pada gambar 3. Gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah berat, sebesar $w = mg$, dan gaya-gaya lainnya yang mungkin muncul; kita namakan jumlah vektor (resultan), dari gaya-gaya lain yang muncul sebagai \vec{F}_{lain} . Kita asumsikan bahwa benda

berada cukup dekat dengan permukaan bumi sehingga berat benda akan konstan. Kita akan mencari kerja yang dilakukan gaya berat ketika sebuah benda jatuh dari ketinggian y_1 di atas titik asal ke

ketinggian y_2 yang lebih rendah (gambar 6a). Gaya berat dan perpindahan benda pada arah yang sama sehingga kerja W_{grav} yang bekerja pada benda oleh gaya berat merupakan kerja positif:

$$W_{grav} = Fs = w(y_1 - y_2) = mg y_1 - mg y_2 \quad \dots(11)$$

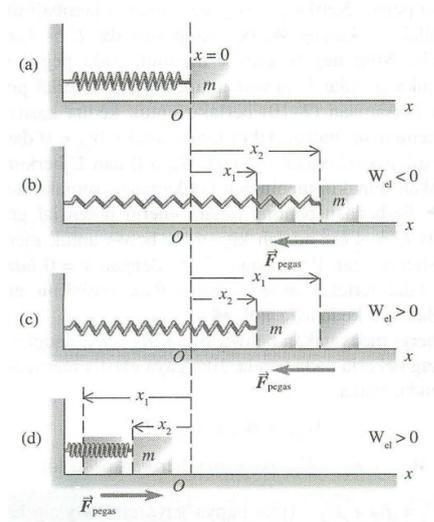
Persamaan ini juga memberikan basil yang benar ketika benda bergerak naik dan y_2 lebih besar dari y_1 (gambar 6b). Dalam kasus tersebut $y_1 - y_2$ negatif dan W_{grav} negatif, karena gaya berat dan perpindahan saling berlawanan arah. Nilai awalnya adalah $U_1 = mg y_1$ dan nilai akhirnya adalah $U_2 = mg y_2$. Perubahan U adalah pengurangan nilai

akhir dengan nilai awal, atau $\Delta U = U_2 - U_1$. Kita dapat menyatakan W_{grav} yang dikerjakan oleh gaya gravitasi selama perpindahan dari titik y_1 ke y_2 sebagai berikut:

$$W_{grav} = U_1 - U_2 = -(U_2 - U_1) = -\Delta U \quad \dots (12)$$

Tanda negatif di depan ΔU merupakan hal penting. Ketika benda bergerak naik, y akan semakin besar, kerja yang dilakukan gaya gravitasi akan negatif, maka energi potensial gravitasi akan bertambah ($\Delta U > 0$). Sebaliknya ketika benda bergerak turun, y akan berkurang, gaya gravitasi akan melakukan kerja positif maka energi potensial gravitasi akan berkurang ($\Delta U < 0$). Hal ini seperti mengambil uang di bank (memperkecil U) dan mempergunakannya (melakukan kerja positif). Seperti yang ditunjukkan persamaan (12) satuan energi potensial adalah joule (J), satuan ini sama dengan satuan kerja (Young,2002:194).

Energi potensial gravitasi merupakan sifat bersama antara benda dan bumi, sedangkan energi potensial elastis hanya disimpan di dalam pegas (atau benda lain yang dapat terdeformasi). Gambar 7 menunjukkan pegas ideal, dengan bagian ujung kiri pegas statis dan bagian yang kanannya dikaitkan dengan sebuah balok dengan massa m yang dapat bergerak sepanjang sumbu x . Dalam Gambar 4 balok berada pada posisi $x = 0$, saat pegas tidak tertekan atau teregang. Kita gerakkan balok ke salah satu bagian, yang menghasilkan tekanan atau regangan



Gambar 7. (a) Sebuah balok dikaitkan pada sebuah pegas dalam keadaan setimbang ($x = 0$) pada permukaan horizontal. (b) Ketika balok bergerak dari x_1 positif ke x_2 positif, $x_2 > x_1$. (c) Ketika balok bergerak dari x_1 positif ke x_2 positif, $x_2 < x_1$. (d) Ketika balok bergerak dari x_1 negatif ke x_2 yang kurang negatif.

pada pegas dan kemudian melepaskannya. Saat balok bergerak dari posisi x_1 ke posisi x_2 , kerja yang harus dilakukan pada pegas adalah

$$W = \frac{1}{2}k x_2^2 - \frac{1}{2}k x_1^2 \text{ (kerja yang dilakukan pada pegas) ... (13)}$$

dimana k merupakan konstanta

pegas. Jika sebuah pegas kita regang lebih jauh, maka kita telah melakukan kerja positif pada pegas; sedangkan jika kita lepaskan pegas tersebut setelah kita regangkan dengan mempertahankan salah satu ujungnya agar tetap pada posisinya,

maka kita telah melakukan kerja negatif. Kita juga melihat bahwa persamaan untuk kerja di atas masih berlaku jika pegas dalam keadaan ditekan, bukan ditarik, sehingga x_1 atau x_2 kedua-duanya negatif. Dalam perpindahan dari x_1 ke x_2 , pegas melakukan sejumlah kerja W yang diberikan oleh

$$W = \frac{1}{2}k x_1^2 - \frac{1}{2}k x_2^2 \text{ (kerja yang dilakukan pada pegas) ... (14)}$$

(Young,2002:203-204).

c. Hukum Kekekalan Energi

Kerja total (netto) W_{tot} sebagai jumlah dari kerja yang dilakukan

oleh gaya-gaya konservatif, W_C , dan kerja yang dilakukan oleh gaya-gaya nonkonservatif, W_{NC} :

$$W_{tot} = W_C + W_{NC} \quad \dots(15)$$

Jika tidak ada gaya-gaya non konservatif, maka $W_{NC} = 0$ pada persamaan (15), prinsip umum kerja-energi, sehingga kita dapatkan:

$$\Delta Ek + \Delta Ep = 0 \quad \dots(16)$$

Atau

$$(Ek_2 - Ek_1) + (Ep_2 - Ep_1) = 0 \quad \dots(17)$$

Besaran E disebut energi mekanik total dari sistem sebagai jumlah dari energi kinetik dan energi potensial pada setiap saat

$$E = Ek + Ep$$

$$Ek_2 + Ep_2 = Ek_1 + Ep_1$$

$$E_2 = E_1 = \text{konstan} \quad \dots(18)$$

Persamaan (18) disebut prinsip kekekalan energi mekanik untuk gaya-gaya konservatif. Menurut Giancoli (2001 : 187-188) jika hanya gaya-gaya konservatif yang bekerja, energi mekanik total dari sebuah sistem tidak berubah maupun berkurang pada proses apa pun. Energi tersebut tetap konstan-kekal.

Kita tidak dapat menciptakan ataupun menghancurkan energi-energi selalu kekal. Oleh karena itu, jika jumlah energi total dari sebuah sistem berubah, ini hanya mungkin terjadi karena energi telah melewati batasan sistem berubah, ini hanya mungkin terjadi karena energi telah melewati batasan sistem dengan suatu mekanisme perpindahan (Serway,

2009: 298).

d. Daya

Besaran lain yang berhubungan dengan usaha dan energi adalah daya. Sears (1982, 176) mengemukakan bahwa “daya sebuah benda adalah cepatnya usaha yang dilakukan persatuan waktu oleh benda tersebut. Jadi, semakin besar daya yang dimiliki oleh sebuah benda, semakin cepat pula usaha yang dapat dilakukan oleh benda dan semakin besar pula kemampuan benda untuk mengubah suatu bentuk energi menjadi bentuk energi yang lain. Menurut Serway (2009: 306) laju waktu dari perpindahan energi disebut daya. Jika sebuah gaya eksternal bekerja pada sebuah benda (yang kita asumsikan bertindak sebagai sebuah partikel) dan jika usaha yang dilakukan oleh gaya ini dalam selang waktu Δt adalah W , maka daya rata-rata selama selang waktu ini didefinisikan sebagai

$$\bar{P} \equiv \frac{W}{\Delta t} \quad \dots(19)$$

Secara umum, daya didefinisikan untuk setiap jenis perpindahan energi.

Oleh karena itu, lambang yang paling umum untuk daya adalah

$$P \equiv \frac{dE}{dt} \quad \dots(20)$$

Dimana dE/dt adalah laju energi melintasi batasan sistem oleh sebuah mekanisme perpindahan. Satuan SI dari daya adalah joule per detik (J/s), juga disebut watt (W) (diambil dari nama James Watt):

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3.$$

Daya merupakan energi tiap satuan waktu $\left|\frac{E}{t}\right|$, sehingga persamaan (6)

dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh \quad \dots (21)$$

Dengan mensubsitusikan P terhadap $\frac{E}{t}$ dan mensubsitusikan ρQ

terhadap $\frac{m}{t}$ maka :

$$P = \rho Q gh \quad \dots (22)$$

dengan :

P adalah daya (watt)

Q adalah kapasitas aliran

ρ adalah densitas air (m^3/s)

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2 \quad \dots (23)$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas

$$Q = Av$$

maka

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \dots (24)$$

dengan

A adalah luas penampang aliran air (m^2)

(Sihombing, 2009)

Berdasarkan uraian di atas, materi usaha dan energi dapat dikelompokkan menjadi fakta, konsep, prinsip dan prosedur seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Materi Usaha dan Energi

| | |
|---------|--|
| Fakta | <ol style="list-style-type: none"> 1. tika berusaha sekuat tenaga mendorong lemari di kamarnya namun tidak bergerak dikatakan tidak melakukan usaha 2. seseorang menarik sebuah peti sepanjang lantai sehingga berpindah sejauh d dapat dikatakan orang tersebut melakukan usaha 3. energi dapat berupa potensial, kinetik, panas, listrik, kimia, nuklir, atau berbagai bentuk lainnya |
| Konsep | <ol style="list-style-type: none"> 1. Usaha yang dilakukan pada suatu benda oleh gaya yang konstan (konstan dalam hal besar dan arah) didefinisikan sebagai hasil kali besar perpindahan dengan komponen gaya yang sejajar dengan perpindahan. 2. Usaha merupakan suatu perpindahan energi. 3. Energi merupakan kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha 4. Energi kinetik K dari sebuah partikel sama dengan jumlah kerja yang dibutuhkan untuk mempercepat partikel dari keadaan diam sampai laju v; ini juga sama dengan jumlah kerja yang dapat dilakukan partikel untuk dikembalikan ke keadaan diam 5. Konsep energi potensial merupakan energi yang terkait dengan posisi suatu sistem dan bukan dengan gerak sistem tersebut. 6. Daya merupakan laju waktu dari perpindahan energi |
| Prinsip | <p>Persamaan matematis dari:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Usaha $W = F_{\parallel} d$ 2. Energi kinetik $K = \frac{1}{2} m v^2$ 3. Energi potensial gravitasi $U_g = mgy$ 4. Energi potensial pegas $U_s = \frac{1}{2} k x^2$ 4. Hubungan usaha dengan perubahan energi kinetik $W_{tot} = K_2 - K_1$ 5. Hubungan usaha dengan perubahan energi potensial gravitasi $W_{grav} = U_1 - U_2 = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$ 6. Hubungan usaha dengan perubahan energi potensial pegas $W = \frac{1}{2} k x_2^2 - \frac{1}{2} k x_1^2$ 7. Hukum Kekekalan Energi Mekanik: $\Delta Ek + \Delta Ep = 0$ 8. Daya |

| | |
|----------|--|
| | $P \equiv \frac{dE}{dt}$ |
| Prosedur | <ol style="list-style-type: none"> 1. Prosedur menemukan hubungan antara usaha dengan perubahan energi. 2. Prosedur menurunkan persamaan hukum kekekalan energi mekanik. |

e. Momentum

Setiap benda yang bergerak pasti memiliki momentum. Hal ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Serway (2004: 253) bahwa momentum linear sebuah benda dapat digambarkan sebagai benda yang memiliki massa m dan bergerak dengan kecepatan v . Selain itu, Tripler (1998:219) mengatakan bahwa momentum sebuah partikel dipandang sebagai ukuran kesulitan untuk mendiamkan sebuah partikel. Momentum linear juga didefinisikan sebagai hasil perkalian antara massa benda dengan kecepatannya (Sears, 1982 : 192).

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} \quad \dots (25)$$

dengan : \mathbf{p} = momentum ($kg\ m/s$)

m = massa benda (kg)

\mathbf{v} = kecepatan benda (m/s)

Jadi, dapat dikatakan bahwa momentum adalah ukuran kesulitan untuk mendiamkan sebuah benda yang bermassa m dan bergerak dengan kecepatan \mathbf{v} , dimana besarnya momentum benda tersebut merupakan hasil perkalian antara massa benda dengan kecepatan geraknya. Setiap benda yang bergerak pasti memiliki momentum. Air yang bergerak membentur turbin tentu juga memiliki momentum. Air

yang bergerak memiliki suatu ukuran tertentu untuk melawan gerakannya atau menghentikannya.

Berdasarkan prinsip kerja turbin air dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua jenis yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls adalah energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada pipa semprot (*nozzle*). Air keluar *nozzle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu, arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Sedangkan pada turbin reaksi, konversi energi tidak hanya dengan energi kinetik dari kecepatan air saat menumbuk sudu turbin namun terjadi pula tambahan energi kinetik akibat adanya perbedaan tekanan pada sudu bergerak turbin. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* dapat berputar.

f. Impuls

Sears (1982:192) menyatakan bahwa “impuls merupakan gaya yang bekerja sejenak saja, misalnya gaya yang timbul akibat tumbukan atau ledakan.” Impuls benda didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan selang waktu gaya itu bekerja pada benda. Impuls termasuk besaran vektor yang arahnya sama dengan arah gaya. Air ketika yang menumbuk turbin juga memberikan impuls pada sudu turbin. Untuk

menghitung besar impuls dalam satu arah dapat digunakan persamaan berikut :

$$\mathbf{I} = \mathbf{F} \Delta t \quad \dots (26)$$

\mathbf{I} = besar impuls (Ns)

\mathbf{F} = gaya yang bekerja pada benda (N)

Δt = selang waktu (s)

g. Hubungan Momentum dan Impuls

Sebuah benda yang massanya m mula-mula bergerak dengan kecepatan v_0 . Kemudian dalam selang waktu Δt kecepatan benda tersebut berubah menjadi v . Menurut hukum II Newton, jika benda menerima gaya yang searah dengan gerak benda, maka benda akan dipercepat. Percepatan rata-rata yang disebabkan oleh gaya \mathbf{F} sebagai berikut :

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad \dots (27)$$

Menurut definisi, percepatan rata-rata adalah perubahan kecepatan persatuan waktu, sehingga dapat ditulis :

$$\mathbf{a} = \frac{v - v_0}{\Delta t} \quad \dots (28)$$

Dari persamaan (27) dan (28) didapatkan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \mathbf{a} &= \frac{\mathbf{F}}{m} = \frac{v - v_0}{\Delta t} \\ \mathbf{F} \Delta t &= m(v - v_0) \\ \mathbf{I} &= \Delta \mathbf{p} \quad \dots (29) \end{aligned}$$

Keterangan:

\mathbf{I} = besar impuls (Ns)

m = massa benda (kg)

v = kecepatan akhir benda (m/s)

v_0 = kecepatan mula-mula benda (m/s)

Δp = besar perubahan momentum ($kg\ m/s$)

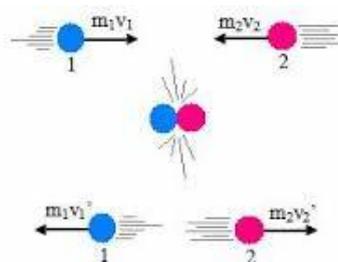
F = gaya yang bekerja pada benda (N)

Δt = selang waktu (s)

Persamaan (29) menyatakan bahwa impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda tersebut, yaitu beda antara momentum akhir dengan momentum awalnya.

h. Hukum Kekekalan Momentum

Hukum kekekalan momentum berbunyi “Jika penjumlahan vektor dari gaya-gaya luar pada sebuah sistem adalah nol, momentum total dari sistem tersebut adalah konstan” (Young, 2002: 234). Misalnya, tumbukan berhadapan dari dua bola bilyar, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Momentum kekal pada tumbukan dua bola

Kita anggap gaya eksternal total sistem dua bola ini sebesar nol-artinya gaya yang signifikan hanyalah gaya yang diberikan tiap bola ke bola lainnya ketika tumbukan. Walaupun momentum dari tiap bola berubah akibat terjadi tumbukan jumlah momentum mereka ternyata

sama pada waktu sebelum dan sesudah tumbukan. Jika m_1v_1 adalah momentum bola nomor 1 dan m_2v_2 momentum bola nomor 2, keduanya diukur sebelum tumbukan adalah $m_1v_1 + m_2v_2$. Setelah tumbukan, masing-masing memiliki kecepatan dan momentum yang berbeda. Momentum total setelah tumbukan adalah $m_1v_1' + m_2v_2'$.

momentum sebelum tumbukan = momentum sesudah tumbukan

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2' \quad \dots (30)$$

Jadi jumlah vektor momentum pada sistem dua bola tersebut kekal: tetap konstan Giancoli (2001 : 216).

i. Tumbukan

Sistem PLTMH memanfaatkan peristiwa tumbukan air dengan sudu turbin untuk memutar turbin. Kecepatan aliran air setelah memenembuk sudu turbin mengalami perubahan. Sudu turbin juga mengalami perubahan kecepatan dari keadaan diam hingga bergerak setelah terjadi tumbukan. Akibatnya roda turbin akan berputar. Setiap dua benda yang bertumbukan akan memiliki tingkat kelentingan atau elastisitas. Tingkat elastisitas ini dinyatakan dengan koefisien restitusi (e). Koefisien restitusi didefinisikan sebagai nilai negatif dari perbandingan kecepatan relatif sesudah tumbukan dengan kecepatan relatif sebelumnya.

$$e = -\frac{v_a' - v_b'}{v_a - v_b} \dots \quad \dots (31)$$

Berdasarkan nilai koefisien restitusi ini, tumbukan dapat dibagi menjadi tiga. Tumbukan elastis sempurna, elastis sebagian dan tidak elastis.

- 1) Tumbukan elastis sempurna atau lenting sempurna adalah tumbukan dua benda atau lebih yang memenuhi hukum kekekalan momentum dan hukum kekekalan energi kinetik. Pada tumbukan ini memiliki koefisien restitusi satu, $e = 1$.
- 2) Tumbukan lenting sebagian, juga berlaku hukum kekekalan momentum, tetapi energi kinetiknya hilang sebagian. Koefisien restitusi pada tumbukan ini memiliki nilai antara nol dan satu ($0 < e < 1$). Contohnya bola kasti yang dijatuhkan ke lantai, maka lama kelamaan ketinggian pantulnya akan semakin berkurang.
- 3) Tumbukan tidak elastis atau tidak lenting merupakan peristiwa tumbukan dua benda yang memiliki ciri setelah tumbukan kedua benda bersatu. Koefisien restitusinya adalah nol, $e = 0$. Pada tumbukan ini sama seperti yang lain, yaitu berlaku hukum kekekalan momentum, tetapi energi kinetiknya tidak kekal. Contohnya peluru yang ditembakkan ke ayunan dapat bersarang di dalam ayunan.

Berdasarkan uraian di atas, materi momentum dan impuls dapat dikelompokkan menjadi fakta, konsep, prinsip dan prosedur seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Materi Momentum dan Impuls

| | |
|-------|--|
| Fakta | 1. Setiap benda yang bergerak pasti memiliki momentum. |
|-------|--|

| | |
|----------|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 2. Tumbukan berhadapan dari dua bola menyebabkan bola saling terpental. 3. Bola kasti yang dijatuhkan ke lantai, maka lama kelamaan ketinggian pantulnya akan semakin berkurang. 4. Peluru yang ditembakkan ke ayunan dapat bersarang di dalam ayunan. |
| Konsep | <ol style="list-style-type: none"> 1. Momentum adalah ukuran kesulitan untuk mendiamkan sebuah benda yang bermassa m dan bergerak dengan kecepatan v 2. Impuls merupakan gaya yang bekerja sejenak. 3. Impuls yang dikerjakan pada suatu benda sama dengan perubahan momentum yang dialami benda tersebut. 4. Setiap dua benda yang bertumbukan akan memiliki tingkat kelentingan atau elastisitas. Tingkat elastisitas ini dinyatakan dengan koefisien restitusi. |
| Prinsip | <ol style="list-style-type: none"> 1. Momentum $p = mv$ 2. Impuls $I = F \Delta t$ 3. Hubungan momentum dan impuls $F \Delta t = m(v - v_0)$ $I = \Delta p$ 4. Hukum kekekalan momentum menyatakan bahwa momentum total sebelum dan sesudah tumbukan adalah sama. momentum sebelum tumbukan = momentum sesudah tumbukan $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ 5. Koefisien restitusi $e = -\frac{v_a' - v_b'}{v_a - v_b}$ |
| Prosedur | <ol style="list-style-type: none"> 1. Prosedur menemukan hubungan impuls dan perubahan momentum 2. Prosedur menurunkan persamaan hukum kekekalan momentum. |

5. Lembar Kegiatan Siswa (LKS) pada Materi Usaha, Energi, Momentum dan Impuls Terintegrasi Materi Energi Hidro serta Pengaruh dan Kontribusinya terhadap Pencapaian Kompetensi Fisika

Berdasarkan panduan pengembangan bahan ajar (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas, 2008) dijelaskan bahwa Lembar Kegiatan Siswa (*student worksheet*) adalah lembaran-lembaran berisi tugas

yang harus dikerjakan oleh siswa. Lembar kegiatan biasanya berupa petunjuk, langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas. Suatu tugas yang diperintahkan dalam lembar kegiatan harus jelas KD yang akan dicapainya. Lembar kegiatan dapat digunakan untuk mata pembelajaran apa saja. Tugas-tugas sebuah lembar kegiatan tidak akan dapat dikerjakan oleh siswa secara baik apabila tidak dilengkapi dengan buku lain atau referensi lain yang terkait dengan materi tugasnya.

Tugas-tugas yang diberikan kepada siswa dapat berupa teoritis dan atau tugas-tugas praktis. Tugas teoritis misalnya tugas membaca sebuah artikel tertentu, kemudian membuat resume untuk dipresentasikan. Tugas praktis dapat berupa kerja laboratorium atau kerja lapangan, misalnya survey tentang harga cabe dalam kurun waktu tertentu di suatu tempat.

Keuntungan adanya lembar kegiatan adalah memudahkan guru dalam melaksanakan pembelajaran siswa dapat belajar secara mandiri dan belajar memahami dan menjalankan suatu tugas tertulis. Guru harus cermat dan memiliki pengetahuan dan keterampilan yang memadai dalam mempersiapkan LKS, karena sebuah lembar kerja harus memenuhi paling tidak kriteria yang berkaitan dengan tercapai/ tidaknya sebuah KD dikuasai oleh siswa.

LKS terintegrasi materi energi hidro memperkaya materi pembelajaran fisika khususnya pada materi usaha, energi, momentum, dan Impuls dengan pemaparan solusi dari permasalahan krisis energi. Energi hidro terlebih dahulu dianalisis kaitannya dengan materi yang diajarkan.

Pengintegrasian energi hidro pada sub materi hukum kekekalan energi mekanik dilakukan pada LKS sehingga materi yang disajikan memiliki keterkaitan yang kuat dengan materi pembelajaran. Pemberian masalah mengenai krisis energi pada LKS dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada diri siswa serta dengan diperkaya dengan materi energi hidro dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif.

B. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang lainnya yang relevan dengan pengintegrasian materi energi terbarukan ke dalam bahan ajar adalah penelitian yang dilakukan oleh Selma Riyasni (2014). Hasil penelitiannya menyatakan bahwa hasil belajar siswa yang menggunakan LKS terintegrasi materi energi angin lebih tinggi dibandingkan dengan hasil belajar siswa yang menggunakan modul tidak terintegrasi materi energi angin. Penelitian mengenai LKS terintegrasi energi terbarukan telah dilakukan oleh Lania (2013) yang menyimpulkan bahwa modul terintegrasi Materi Energi Radiasi Matahari berpengaruh terhadap hasil belajar. Dari penelitian Lania, diperoleh hasil bahwa hasil belajar siswa sebelum menggunakan modul Materi Energi Radiasi Matahari dan sesudah menggunakan modul Materi Energi Radiasi Matahari mengalami peningkatan yang berarti.

Penelitian ini menggunakan LKS terintegrasi materi energi hidro sebagaimana dituntut dalam kurikulum sesuai dengan karakteristik lingkungan Sumatera Barat yang memiliki sumber energi hidro yang

melimpah. Dengan menggunakan LKS terintegrasi energi hidro ini, dapat meningkatkan kemampuan bernalar siswa, serta menimbulkan minat siswa untuk menciptakan teknologi sederhana seperti pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Selain itu, LKS ini juga mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran fisika. Kaitan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Selma dan Lania adalah sama-sama menggunakan energi terbarukan sebagai substansi materi. Namun, penelitian ini menggunakan materi energi hidro untuk memperkaya materi pelajaran fisika.

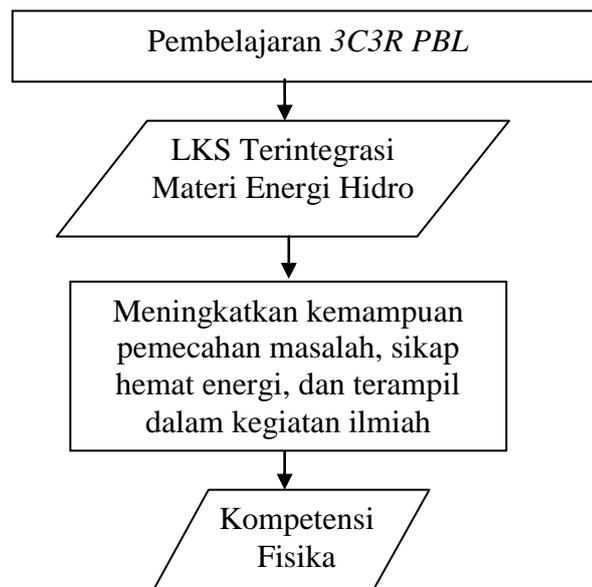
C. Kerangka Berpikir

Kegiatan pembelajaran pada Kurikulum 2013 hendaknya menggunakan model, metode, dan media pembelajaran serta sumber belajar yang disesuaikan dengan karakteristik siswa dan mata pelajaran. Pembelajaran juga diharapkan dapat mengembangkan kompetensi siswa secara seimbang pada ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Siswa diharapkan memiliki sikap yang baik, mampu memahami materi pembelajaran dengan baik, dan juga terampil dalam menyelesaikan permasalahan yang ditemui secara kreatif.

Permasalahan yang diberikan kepada siswa dapat berasal dari berbagai sumber. Pemberian masalah hendaknya berupa masalah yang dekat dengan kehidupan sehari-hari siswa sehingga pembelajaran lebih bermakna. Penggunaan model 3C3R PBL dapat membantu proses pemecahan masalah yang diberikan kepada siswa. Siswa juga dibantu dalam memahami dan

memecahkan permasalahan dengan menggunakan LKS terintegrasi energi hidro. Materi energi hidro diintegrasikan pada konsep-konsep fisika yang relevan sebagai solusi dari permasalahan krisis energi.

Pemberikan masalah nyata kepada siswa dapat meningkatkan rasa ingin tahu pada diri siswa. Siswa tertantang untuk mencari berbagai informasi terkait permasalahan yang diberikan untuk menemukan solusinya. Dengan demikian, kemampuan pemecahan masalah oleh siswa akan meningkat dan siswa juga ikut berperan serta untuk menghemat energi. Langkah-langkah pemecahan masalah pada LKS menuntun siswa melakukan praktikum melalui pendekatan saintifik sehingga siswa terampil dalam memecahkan masalah yang dihadapinya. Berdasarkan uraian tersebut, LKS terintegrasi materi energi hidro akan mempengaruhi dan memberikan kontribusi terhadap pencapaian kompetensi fisika pada ketiga ranah. Kerangka berpikir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kerangka Berpikir

D. Hipotesis

Berdasarkan kajian teoritis dan kerangka berpikir, hipotesis penelitian ini adalah:

- 1) Terdapat pengaruh LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang.
- 2) Terdapat kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang.
- 3) Terdapat pengaruh model 3C3R PBL terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melaksanakan penelitian yaitu hipotesis yang menyatakan bahwa :

1. Terdapat pengaruh LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang dapat diterima pada taraf nyata 0,05.
2. Terdapat kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika dalam pembelajaran 3C3R PBL pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang dapat diterima pada taraf nyata 0,05. Besar kontribusi LKS terintegrasi materi energi hidro terhadap pencapaian kompetensi fisika, pada kompetensi sikap adalah kuat, pada kompetensi pengetahuan adalah sangat kuat, dan pada kompetensi keterampilan adalah sangat kuat.
3. Terdapat pengaruh model 3C3R PBL terhadap pencapaian kompetensi pengetahuan pada materi usaha, energi, momentum dan impuls di kelas XI SMAN 1 Padang dapat diterima pada taraf nyata 0,05.

B. Saran

Saran dalam penelitian ini berdasarkan dari kesimpulan yang telah didapatkan selama penelitian adalah:

1. Siswa sebaiknya diarahkan untuk mencari tahu informasi dari berbagai sumber secara maksimal, sehingga siswa dapat mengaitkan konsep fisika dengan kehidupan nyata khususnya permasalahan krisis energi secara maksimal.
2. Siswa hendaknya selalu diingatkan untuk peduli terhadap lingkungan sekitarnya walaupun tidak berada di ruang kelas sehingga meningkatkan karakter hemat energi
3. Sebaiknya semua anggota kelompok diarahkan untuk bekerja secara maksimal sehingga semua anggota kelompok aktif terlibat dalam kegiatan praktikum.

KEPUSTAKAAN

- Amri, Sofa. 2013. *Pengembangan & Model Pembelajaran dalam Kurikulum 2013*. Jakarta: Prestasi Pustakaraya.
- Anderson, Lorin W dan David R. Krathwohl. 2010. *Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Asesmen*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Arikunto, Suharsimi. 2012. *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Bhumkittipich,dkk. 2013. "Performance Study of Micro Hydro Turbine and PV for Electricity Generator, Case Study: Bunnasopit School, Nan Province, Thailand". *Jurnal Energy Procedia*. 34. Hlm. 237.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- Djamas, Djusmaini. 2012. *Bahan Ajar Mata Kuliah Metodologi Penelitian dan Publikasi*. Padang: UNP.
- Duch, B.J. 1995. "Problem-based learning in physics: The power of students teaching students". *Journal of College Science Teaching*. 15 (5). Hlm. 326--29.
- Encyclopædia Britannica. 2012. *Encyclopædia Britannica Ultimate Reference Suite*. Chicago: Encyclopædia Britannica.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Hosnan. 2014. *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual Dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Hung, W. 2006. *The 3C3R Model: A Conceptual Framework for Designing Problems in PBL*. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1).
- Kemendikbud. 2013. *Model Penilaian Hasil Belajar Siswa*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMA.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia. 2006. *Buku Putih Penelitian, Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bidang Sumber Energi Baru dan Terbarukan untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2025*. Jakarta: Kementerian Ristek.

- Kunandar. 2013. *Penilaian Autentik (Penilaian hasil Belajar Siswa Berdasarkan Kurikulum 2013) Suatu pendekatan Praktis Disertai Contoh*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Kurniasih, Imas. 2014. *Implementasi Kurikulum 2013 Konsep dan Penerapan* . Surabaya: Kata Pena.
- Lania, Wiwi. 2014. *Pengaruh Modul pada Materi Kalor dan Listrik Terintegrasi Materi Energi Radiasi Matahari Terhadap Hasil Belajar Siswa Dalam Model Pembelajaran Pdeode di Kelas X Man 2 Padang*. Skripsi (tidak diterbitkan)
- Irsyad, Riska Erfina. *Pengintegrasian Materi Energi Biomassa ke dalam Materi Usaha, Energi, Momentum dan Impuls pada Pembelajaran Heuristic Problem Solving*. Skripsi. (Online). <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/pfis/article/view/1860>.
- Mulyasa. 2013. *Pengembangan dan Imlementasi Kurikulum 2013*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Permendikbud nomor 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah.
- Prawironegoro, Pratiknyo. 1985. *Evaluasi Hasil Belajar Khusus Analisis Soal untuk Bidang Studi Matematika*. Jakarta : Dept dan dirjendikti PPLPTK.
- Riduwan, Sunarto. 2012. *Pengantar Statistika untuk Penelitian: Pendidikan, Sosial, Komunikasi, Ekonomi dan Bisnis*. Bandung: Alfabeta
- Severinus, Domi. 2013. “Pembelajaran Fisika Seturut Hakekatnya Serta Sumbangannya Dalam Pendidikan Karakter Siswa”. *Jurnal (Online)* <http://prosiding.upgrismg.ac.id/index.php/lpf2013/lpf2013/paper/viewFile/121/73>.
- Sagala, Syaiful. 2011. *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung: Alfabeta.
- Serway, Raymond A dan John W.Jewett. 2009. *Fisika untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.
- Sudijono, Anas. 2005. *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Sudjana. 2000. *Metoda Statistik*. Bandung: PT Tarsito.
- Sumiati. 2007. *Metode Pembelajaran*. Bandung: Wacana Prima.
- Undang-Undang No. 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional.

Undang-Undang No. 30 Tahun 2007 tentang Hemat Energi dan Krisis Energi.

Young, Hugh D, dkk. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.