

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Model *Problem Based Learning* (PBL)

##### a. Pengertian *Problem Based Learning* (PBL)

*Problem based learning* dicetuskan oleh Barrows dan Tamblyn pada akhir abad ke 20. *Problem based learning* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan pembelajaran berbasis masalah adalah sebuah model pembelajaran di mana peserta didik disajikan sebuah masalah konseptual dengan tujuan untuk menemukan solusi yang tepat dari masalah tersebut. Adapun masalah yang disajikan dalam model *pbl* ini merupakan masalah yang berkaitan dengan topik atau materi yang akan dibahas (Barrows & Tamblyn, 1980).

Model *pbl* dapat mendorong peserta didik dalam mengembangkan kemampuan memecahkan masalah, meningkatkan pemahaman dan pengetahuan serta keaktifan dalam mendapatkan pengetahuan. Sedangkan menurut Ayunda & Alberida (2023, hal. 5001) model *pbl* merupakan sebuah model pembelajaran di mana sebuah permasalahan dijadikan sebagai tujuan dari pembelajaran. Sehingga adanya pembelajaran berbasis masalah ini dapat meningkatkan kemampuan berpikir secara kritis dibandingkan dengan model pembelajaran tradisional. Model pembelajaran ini memfokuskan peserta didik untuk memecahkan masalah nyata, yang di dalamnya terdapat kerja kelompok, umpan balik, dan diskusi yang dapat membantu peserta didik untuk melakukan investigasi dan penyelidikan serta menyusun laporan akhir (Susanto, 2020, hal. 57). Berdasarkan beberapa definisi diatas, maka dapat disimpulkan bahwa model *pbl* merupakan model pembelajaran yang memfokuskan peserta didik pada sebuah permasalahan dan melibatkan peserta didik dalam pemecahan masalah.

##### b. Langkah-Langkah Model *Problem Based Learning* (PBL)

Model *pbl* didasarkan pada langkah pembelajaran yang disarankan oleh Barrows dan Tamblyn (1980) yakni: 1) masalah diberikan di awal

pembelajaran, 2) situasi masalah disajikan kepada peserta didik dengan cara yang sama tetapi nantinya harus disajikan dengan cara yang berbeda, 3) siswa mendiskusikan cara penyelesaian masalah sesuai dengan tingkat pengetahuan mereka, 4) masalah dieksplorasi dan digunakan sebagai pemandu dalam studi individual, dan 5) keterampilan dan pengetahuan yang diperoleh dalam studi individual diaplikasikan dalam masalah untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran dan menguatkan pembelajaran. Menurut Arends (2008) model *pbl* memiliki lima fase yang merujuk pada tahapan-tahapan dalam melakukan pembelajaran dengan model *pbl* sebagaimana disajikan dalam tabel berikut ini.

**Tabel 2. 1** Langkah-Langkah *Problem Based Learning (PBL)*

No	Fase atau Tahap	Aktivitas Guru
1	Orientasi peserta didik terhadap masalah	Menyampaikan tujuan pembelajaran dalam bentuk masalah, menyampaikan perangkat yang dibutuhkan, memberikan motivasi kepada peserta didik.
2	Mengorganisasi peserta didik untuk belajar	Membantu peserta didik mengorganisasikan kegiatan pembelajaran, seperti membuat kelompok, membuat desain penelitian, menyusun percobaan, dan mengumpulkan alat serta bahan.
3	Membimbing penyelidikan individu dan kelompok	Memotivasi peserta didik untuk memperoleh informasi terkait masalah yang dipilih, melakukan percobaan untuk memperoleh penjelasan, pemecahan masalah dan melakukan penyelidikan untuk mendapatkan data.
4	Mengembangkan dan menyajikan hasil karya	Membantu peserta didik menyiapkan hasil karya, berupa laporan, video atau model.
5	Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah	Membimbing peserta didik dalam melakukan refleksi dari kegiatan penyelidikan dan proses yang dilakukan selama kegiatan pemecahan masalah berlangsung.

### 1) Orientasi Peserta Didik pada Masalah

Orientasi peserta didik pada masalah merupakan tahap dimana peserta didik melakukan analisis terhadap sebuah situasi atau masalah sehingga mereka dapat menemukan solusi dan memberikan perubahan (Hara et al., 2023). Contoh kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah guru menyajikan fenomena video masyarakat yang memanfaatkan kotoran ternak untuk menghasilkan energi. Kemudian peserta didik diarahkan untuk menganalisis permasalahan serta menjawab pertanyaan yang diberikan oleh guru dalam LKPD. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan oleh guru adalah “berdasarkan video yang telah kalian saksikan, identifikasilah permasalahan apa yang ada dalam video tersebut?”.

### 2) Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar

Tahap ini merupakan tahapan dimana peserta didik akan dikelompokkan agar peserta didik dapat bertukar pikiran untuk menentukan permasalahan yang paling relevan untuk diangkat menjadi topik utama yang akan mereka selesaikan. Contoh kegiatan pada tahap ini adalah peserta didik dibagi menjadi 6 kelompok, dimana masing-masing anggota dalam kelompok tersebut telah memiliki rumusan masalah yang telah dibuat secara individu pada tahap orientasi masalah. Kemudian guru mengarahkan peserta didik untuk memilih rumusan masalah mana saja yang relevan untuk didiskusikan. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan oleh guru adalah “diskusikanlah rumusan permasalahan apa yang akan dibahas oleh kelompok kalian!”

### 3) Membimbing penyelidikan individu dan kelompok

Tahap ini memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertukar pikiran dalam menyusun solusi untuk permasalahan yang telah dianalisis pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini peserta didik

dirahkan untuk mengumpulkan berbagai informasi dalam memecahkan permasalahan. Informasi tersebut dapat diperoleh dari bahan ajar, jurnal, dan link yang disajikan oleh guru (Hara et al., 2023). Contoh kegiatan pada tahap ini adalah peserta didik melakukan diskusi kelompok dan mencari informasi dari berbagai sumber untuk merumuskan solusi dari permasalahan dan guru membimbing kegiatan tersebut. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan guru adalah “rumuskanlah solusi dari permasalahan yang telah kalian susun!”

#### 4) Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

Tahap ini mengharuskan peserta didik untuk menyajikan hasil diskusi kelompok dengan cara mempresentasikannya di depan kelas. Pada tahap ini, peserta didik diberikan waktu untuk melakukan tanya jawab dengan kelompok lain (Hara et al., 2023). Contoh kegiatan pada tahap ini adalah peserta didik membuat laporan dari informasi yang telah mereka peroleh dan mempresentasikannya di depan kelas kemudian ditanggapi oleh kelompok yang lain. contoh pertanyaan pemandu yang diberikan oleh guru adalah “susunlah informasi yang telah kalian dapatkan ke dalam bentuk *mind mapping* yang dibuat secara kreatif dan menarik!”

#### 5) Menganalisis dan Mengevaluasi

Tahap ini merupakan tahapan yang penting dalam pembelajaran dengan model PBL. Pada tahap ini peserta didik akan memperoleh solusi dari masalah yang mereka identifikasi pada tahap pertama. Solusi yang diperoleh dari tahapan ini merupakan solusi yang paling relevan dikarenakan solusi yang diperoleh merupakan hasil dari diskusi yang bersifat komprehensif di tahap mengembangkan dan menyajikan hasil karya (Hara et al., 2023). Contoh kegiatan pada tahap ini adalah peserta didik menganalisis dan mengevaluasi hasil dari diskusi kemudian menuliskan informasi tambahan yang diperoleh dari kelompok yang lain. Contoh pertanyaan

pemandu yang diberikan oleh guru adalah “tuliskanlah informasi tambahan yang diperoleh dari kelompok lain dan penjelasan dari guru!”.

c. Ciri-Ciri Model *Problem Based Learning (PBL)*

Model *pbl* memiliki ciri atau karakteristik yang dapat membedakannya dengan model pembelajaran yang lain. Menurut Barrows (1980) karakteristik dari model *pbl* adalah sebagai berikut.

1) *Learning is student-centered*

Pembelajaran menggunakan model *pbl* berorientasi pada peserta didik. Oleh karena itu, model *pbl* didukung oleh teori konstruktivisme yang mendorong peserta didik untuk memperoleh pengetahuannya sendiri.

2) *Authentic problems from the organizing focus for learning*

Dalam proses pembelajaran menggunakan model *pbl*, masalah yang disajikan adalah masalah yang bersifat otentik. Permasalahan yang otentik dapat memudahkan peserta didik dalam memahaminya dan dapat diterapkan dalam kehidupan nyata.

3) *New information is acquired through self-directing learning*

Dalam proses pemecahan masalah, peserta didik dituntut untuk menggali sendiri sumber informasi, baik dari buku ataupun sumber informasi yang lain.

4) *Learning occurs in small groups*

Model *pbl* ini dilaksanakan dengan cara membuat kelompok kecil. Hal ini bertujuan agar selama proses pembelajaran terjadi interaksi ilmiah, bertukar pemikiran, sehingga terjadilah kolaborasi dalam pembelajaran.

5) *Teachers act as facilitators*

Dalam proses pembelajaran menggunakan *pbl*, guru hanya berperan sebagai fasilitator. Namun, guru harus selalu mengawasi dan

memantau perkembangan dari aktivitas peserta didik dan memotivasi peserta didik agar dapat mencapai tujuan pembelajaran.

Adapun menurut Ngalimun (2014, hal. 89–90), karakteristik dari model *problem based learning (pbl)* adalah sebagai berikut.

- 1) Pembelajaran diawali dengan sebuah masalah
- 2) Masalah yang disajikan berhubungan dengan dunia nyata
- 3) Mengorganisasikan pembelajaran pada masalah, bukan pada disiplin ilmu
- 4) Peserta didik diberikan tanggungjawab untuk membentuk dan menjalankan secara langsung proses pembelajaran
- 5) Membentuk kelas-kelas kecil
- 6) Peserta didik dituntut untuk mendemonstrasikan hasil dari proses pembelajaran yang telah dilakukan

d. Tujuan Model *Problem Based Learning (PBL)*

Adapun tujuan dari model *problem based learning (pbl)* menurut Kurniasih (2015, hal. 48) adalah sebagai berikut.

- 1) Membantu peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir dan keterampilan pemecahan masalah.
- 2) Mempelajari peran orang dewasa yang otentik
- 3) Menjadi peserta didik yang mandiri
- 4) Memperoleh transfer pengetahuan baru
- 5) Mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif
- 6) Meningkatkan kemampuan memecahkan masalah
- 7) Meningkatkan motivasi belajar
- 8) Membantu peserta didik mentransfer pengetahuan dengan situasi baru

Sedangkan menurut Tan (2014, hal. 242), tujuan dari model *pbl* adalah sebagai berikut.

- 1) Mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir dan memecahkan masalah

- 2) Belajar berbagai peran orang dewasa dengan cara melibatkan peserta didik dalam pembelajaran
- 3) Menjadi peserta didik yang otonom

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa tujuan dari model *pbl* adalah membentuk kreativitas peserta didik dalam memecahkan masalah dan menerapkannya dalam kehidupan nyata.

e. Prinsip Reaksi

Prinsip reaksi menggambarkan bagaimana seharusnya guru memandang, memperlakukan dan merespon peserta didik ketika kegiatan belajar mengajar berlangsung. Prinsip reaksi pada model pembelajaran berbasis masalah memposisikan guru sebagai fasilitator bagi peserta didik melaksanakan aktivitas pemecahan masalah. Peserta didik dirangsang dengan pertanyaan menantang sehingga peserta didik menjawab secara kolaboratif (Prastyani, 2022 : 46).

f. Sistem Sosial

Sistem sosial yang terdapat pada model pembelajaran berbasis masalah ini adalah kerja sama. Artinya peserta didik dapat saling membantu menemukan pemecahan suatu masalah yang diberikan oleh guru mengenai materi yang diajarkan, selain itu karena dalam suatu kelompok terdiri dari beberapa peserta didik maka dalam menyelesaikan suatu masalah peserta didik harus bersikap saling menghargai pendapat dari masing-masing individu (Prastyani, 2022 : 45-46).

g. Sistem Pendukung

Sistem pendukung yang diperlukan atau dibutuhkan dalam pembelajaran berbasis masalah adalah situasi dan kondisi kelas, kenyamanan serta fasilitas yang ada dikelas. Guru dalam proses pembelajaran ini juga harus mempersiapkan bahan ajar dan materi yang lengkap agar siswa dapat memahami materi benar dan jelas. Pertanyaan-pertanyaan yang disiapkan sebelum pembelajaran berlangsung untuk

memancing peserta didik aktif dalam proses pembelajaran (Prastyani, 2022 : 46).

h. Dampak Intruksional dan Dampak Pengiring

Salah satu dampak instruksional adalah keberhasilan proses pembelajaran dimana peserta didik merasa dan guru mampu untuk memfasilitasi kegiatan pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik. Model pembelajaran berbasis masalah meliputi pemahaman, pengetahuan, keterampilan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah dan kemampuan komunikasi ini merupakan dampak langsung dari pembelajaran. Dampak pengiring dari model berbasis masalah meliputi peluang peserta didik memperoleh pengetahuan, meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, kemampuan untuk memperoleh pengetahuan yang relevan, membangun pengetahuannya sendiri, menumbuhkan motivasi dalam belajar, meningkatkan keterampilan peserta didik dalam berpikir, meningkatkan komunikasi dan bekerja sama dalam kelompoknya. Semua dampak pengiring ini diharapkan menjadi sikap peserta didik ketika menemukan masalah dalam konteks kehidupan sehari-hari (Prastyani, 2022 : 46).

i. Kelebihan dan Kekurangan Model *Problem Based Learning (PBL)*

1) Kelebihan Model *Problem Based Learning (PBL)*

Menurut Kurniasih (2015, hal. 49), model *pbl* memiliki kelebihan atau keunggulan sebagai berikut.

- a) Mengembangkan pemikiran kritis dan keterampilan kreatif
- b) Meningkatkan kemampuan memecahkan masalah
- c) Meningkatkan motivasi belajar
- d) Membantu peserta didik bertukar informasi
- e) Mendorong peserta didik untuk memiliki inisiatif pada saat belajar
- f) Mendorong peserta didik untuk kreatif dalam mengungkapkan hasil penyelidikan masalah
- g) Pembelajaran lebih bermakna

- h) Mendorong peserta didik untuk mengaplikasikan hasil pembelajaran dalam konteks yang relevan
  - i) Meningkatkan kemampuan berpikir kritis, menumbuhkan inisiatif dalam bekerja, motivasi internal belajar, dan dapat mengembangkan interaksi dalam bekerja kelompok
- 2) Kekurangan Model *Problem Based Learning (PBL)*

Disamping banyaknya kelebihan model *pbl*, terdapat pula kekurangannya seperti yang dipaparkan oleh Kurniasih (2015, hal. 50) diantaranya adalah sebagai berikut.

- a) Membutuhkan pembiasaan
- b) Waktu persiapan pembelajaran lebih lama
- c) Peserta didik tidak benar-benar mengetahui apa yang penting bagi mereka untuk dipelajari
- d) Tidak jarang guru kesulitan menjadi fasilitator

## **B. Model *Discovery Learning***

### **a. Pengertian *Discovery Learning***

Model *discovery learning* merupakan model pembelajaran yang pertama kali dicetuskan oleh Jerome Bruner, seorang ahli psikologi yang lahir di New York pada tahun 1915. Menurut Jerome Bruner, model *discovery learning* merupakan pencarian pengetahuan secara aktif oleh peserta didik sehingga guru secara tidak langsung memberikan hasil pengetahuan secara utuh. Selain itu, menurut Bruner, peserta didik seharusnya berpartisipasi aktif dalam menemukan konsep dan prinsip serta mereka dituntut untuk memperoleh pengalaman dan melakukan percobaan yang dapat membuat mereka memperoleh konsep dan prinsip itu sendiri (Syamsidah et al., 2022).

Model *discovery learning* adalah cara belajar memahami konsep, arti, dan hubungan melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai kepada suatu kesimpulan. *Discovery learning* juga didefinisikan sebagai proses pembelajaran yang terjadi bila materi pembelajaran tidak disajikan dalam bentuk finalnya, tetapi diharapkan peserta didik mengorganisasikannya

sendiri (Kurniasih & Sani, 2015). Melalui model *discovery learning*, peserta didik mampu berpikir secara analisis dan mencoba memecahkan sendiri masalah yang dihadapi. Selain itu, peserta didik didorong untuk belajar untuk terlibat secara aktif sehingga peserta didik memiliki pengalaman belajar dalam menemukan konsep-konsep baru.

Dari beberapa definisi di atas, model *discovery learning* adalah model pembelajaran yang melibatkan peserta didik secara aktif untuk menemukan sendiri informasi berupa konsep atau prinsip yang baru bagi mereka. Pemahaman terhadap konsep atau prinsip tersebut akan bertahan lama dalam ingatan mereka karena informasi tersebut ditemukan oleh mereka sendiri.

b. Langkah-Langkah Model *Discovery learning*

Menurut Bruner, Terdapat 6 sintak atau langkah dalam mengaplikasikan model *discovery learning*. Adapun sintak model *discovery learning* adalah sebagai berikut.

1) *Stimulation* (pemberian rangsangan)

Pada tahap ini, peserta didik dihadapkan pada sesuatu yang menimbulkan kebingungan. Hal ini merupakan stimulus untuk menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik dan menyelidikinya sendiri. Stimulus pada tahap ini berfungsi untuk menyediakan kondisi interaksi belajar yang dapat mengembangkan dan membantu peserta didik dalam mengeksplorasi bahan (Iwantoro et al., 2022).

Contoh kegiatan pada tahap ini adalah peserta didik dihadapkan pada sebuah video yang memperlihatkan masyarakat pedesaan memanfaatkan kotoran ternak untuk menghasilkan biogas. kemudian guru memberikan pertanyaan pemandu yakni “apakah kegiatan yang sedang dilakukan oleh masyarakat itu?”.

2) *Problem statement* (identifikasi masalah)

Pada tahap ini guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin masalah yang relevan dengan bahan pelajaran dan dirumuskan dalam bentuk

hipotesis (jawaban sementara atas pertanyaan dari masalah yang diidentifikasi) (Iwantoro et al., 2022).

Contoh kegiatan pada tahap ini adalah guru mengarahkan peserta didik merumuskan masalah berdasarkan stimulus berupa video penggunaan energi biogas kemudian membuat hipotesis dari masalah tersebut. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan guru adalah “rumuskanlah berbagai masalah yang kalian temukan dari video yang telah kalian saksikan kemudian buatlah hipotesis dari rumusan masalah tersebut!”.

3) *Data Collection* (pengumpulan data)

Tahap ini berfungsi untuk menjawab pertanyaan atau membuktikan benar tidaknya hipotesis yang telah peserta didik susun di tahap sebelumnya. Pada tahap ini peserta didik diberikan kesempatan untuk mengumpulkan informasi sebanyak-banyaknya dari sumber-sumber yang relevan, seperti dari bahan ajar yang diberikan guru, artikel, dan literatur yang lainnya. Dari tahap ini, peserta didik belajar secara aktif untuk menemukan sesuatu yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi (Iwantoro et al., 2022).

Contoh kegiatan pada tahap ini adalah guru membagi peserta didik menjadi 6 kelompok kemudian diarahkan untuk mencari berbagai informasi untuk menjawab rumusan masalah dari tahap sebelumnya. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan guru adalah “carilah informasi dari berbagai sumber untuk mengetahui jawaban dari rumusan masalah yang telah kalian susun!”.

4) *Data processing* (pengolahan data)

Tahap ini merupakan kegiatan untuk mengelola data dan informasi yang diperoleh oleh peserta didik. Pada tahap ini peserta didik belajar untuk menyusun informasi menjadi pengetahuan yang terstruktur dan relevan. Informasi ini akan menjadi dasar bagi peserta didik untuk menemukan konsep, prinsip atau solusi dari masalah yang

sedang diidentifikasi. Dalam tahap ini pula peserta didik akan saling bertukar ide, sehingga pembelajaran dapat melatih keterampilan bekerja sama antar peserta didik (Iwantoro et al., 2022).

Contoh kegiatan pada tahap ini adalah guru mengarahkan peserta didik untuk mengolah data atau informasi yang mereka peroleh menjadi sebuah mind mapping yang memperlihatkan hubungan dari konsep-konsep yang mereka temukan terkait energi energi biogas. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan guru adalah “dari informasi yang telah kalian dapatkan, buatlah informasi tersebut menjadi sebuah peta konsep yang menarik!”

5) *Verification* (pembuktian)

Tahap ini merupakan kegiatan untuk memastikan bahwa temuan peserta didik selama proses pembelajaran itu benar, valid, dan sesuai dengan konsep ilmiah yang berlaku. Pada tahap ini juga akan dibuktikan apakah hipotesis yang telah disusun di awal benar atau tidak. Tahap ini akan mengurangi kesalahan konsep atau miskonsepsi yang mungkin terjadi selama proses pembelajaran (Iwantoro et al., 2022).

Contoh kegiatan pada tahap ini adalah guru mengarahkan peserta didik untuk mempresentasikan hasil pengolahan data di depan kelas secara berkelompok. Dalam tahap ini guru mengintruksikan peserta didik untuk melakukan sesi tanya jawab. Kemudian guru memberikan umpan balik, meluruskan konsep yang kurang tepat, dan menjelaskan teori yang relevan. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan oleh guru adalah “silahkan presentasikan hasil pengolahan data kalian di depan kelas! Setiap kelompok harus memberikan pertanyaan kepada kelompok yang lain!”.

6) *Generalization* (menarik kesimpulan)

Tahap ini merupakan tahap dimana peserta didik membuat kesimpulan dari pengetahuan baru yang telah ditemukan dari proses pembelajaran. Pengetahuan baru tersebut dirumuskan menjadi sebuah

konsep yang bersifat umum dan dapat diterapkan pada situasi lain yang serupa. Dalam tahap ini juga peserta didik akan mengaitkan temuan mereka dengan konteks kehidupan yang nyata. Tujuan dari tahap ini adalah untuk membantu peserta didik memahami inti dari materi pembelajaran dan menyederhanakan informasi yang kompleks serta melihat relevansi konsep dalam kehidupan sehari-hari (Iwantoro et al., 2022).

Contoh kegiatan pada tahap ini adalah guru membimbing peserta didik dalam membuat kesimpulan dari materi energi biogas dan menuliskan contoh-pemanfaatan energi biogas dalam kehidupan sehari-hari. Contoh pertanyaan pemandu yang diberikan oleh guru adalah “berdasarkan hasil proses pembelajaran dari tahap identifikasi sampai presentasi dan tanya jawab yang telah dilakukan, buatlah kesimpulan dari materi yang sedang kita pelajari serta berikanlah contoh dari pemanfaatan energi biogas dalam kehidupan sehari-hari!”.

c. Ciri-Ciri Model *Discovery learning*

Adapun ciri-ciri dari model *discovery learning* adalah sebagai berikut.

- 1) Mengeksplorasi dan memecahkan masalah untuk menciptakan, menggabungkan, dan menggeneralisasi pengetahuan
- 2) Berpusat pada peserta didik
- 3) Kegiatan untuk menggabungkan pengetahuan baru dan pengetahuan yang sudah ada

(Wati & Efendi, 2022)

d. Tujuan Model *Discovery learning*

Adapun tujuan dari model *discovery learning* adalah untuk

- 1) Peserta didik memiliki kesempatan terlibat secara aktif dalam pembelajaran
- 2) Peserta didik belajar untuk menemukan pola dalam situasi konkret maupun abstrak
- 3) Peserta didik belajar untuk merumuskan strategi tanya jawab

- 4) Membantu peserta didik untuk keterampilan bekerja sama yang efektif
- 5) Menemukan keterampilan, konsep dan prinsip yang lebih bermakna
- 6) Memudahkan peserta didik dalam mempelajari sebuah keterampilan atau konsep

(Wati & Efendi, 2022)

e. Prinsip Reaksi

Pembelajaran dengan model *discovery learning*, guru berperan sebagai fasilitator. Dalam keseluruhan proses pembelajaran guru bertanggungjawab atas suasana belajar yang ada. Guru harus memancing peserta didik agar mencari tahu pemecahan dari masalah yang dihadapinya melalui kegiatan pengamatan dan percobaan yang dibimbing oleh guru menggunakan pengetahuan serta keterampilan yang sudah dimiliki. Kemudian guru juga akan membimbing peserta didik untuk mengambil kesimpulan sesuai dengan target nilai yang telah ditetapkan (Mudawamah, 2022).

f. Sistem Sosial

Pembelajaran yang menggunakan model *discovery learning*, kegiatan kelas berorientasi pada pemecahan masalah baik secara individu maupun kelompok. Peserta didik difasilitasi oleh guru agar peserta didik dapat menemukan sendiri, menganalisis dan mengambil kesimpulan dari sebuah masalah. Peran peserta didik sederajat dengan guru, walaupun dalam hal ini guru dan peserta didik memiliki peran yang berbeda (Mudawamah, 2022).

g. Sistem Pendukung

Sistem pendukung yang diperlukan dalam pembelajaran dengan menggunakan model *discovery learning* dari segi lingkungan fisik yaitu lingkungan sekitar, sarana, dan prasarana yang mendukung seperti papan tulis, proyektor, layar lcd dan sebagainya yang menunjang rasa keingintahuan peserta didik dalam menemukan sebuah masalah. Selain itu,

guru juga harus mempersiapkan rancangan pembelajaran berupa modul ajar, lembar kerja peserta didik, dan lembar evaluasi (Mudawamah, 2022).

h. Dampak Intruksional dan Dampak Pengiring

Dampak intruksional yang dimiliki oleh peserta didik setelah melakukan pembelajaran dengan model *discovery learning* adalah peserta didik mampu memahami konsep materi yang sedang dipelajari secara mendalam, memiliki kemampuan menganalisis data, pemecahan masalah, dan memahami langkah-langkah ilmiah dalam pengumpulan data, analisis, verifikasi, dan generalisasi konsep materi. Adapun dampak pengiring yang akan dimiliki oleh peserta didik adalah kemandirian dalam belajar, motivasi dan rasa ingin tahu, pengembangan keterampilan sosial, dan peningkatan kreativitas (Mudawamah, 2022).

i. Kelebihan dan Kekurangan Model *Discovery Learning*

1) Kelebihan model *discovery learning*

Adapun kelebihan dari model *discovery learning* adalah sebagai berikut.

- a) Peserta didik aktif dalam kegiatan pembelajaran
- b) Lebih memahami konsep materi karena mengalami sendiri proses penemuannya
- c) Lebih mampu mentransfer pengetahuannya ke berbagai konteks
- d) Peserta didik terlatih untuk belajar secara mandiri

(Khasniah, 2021)

2) Kekurangan model *Discovery Learning*

Adapun kekurangan model *discovery learning* adalah sebagai berikut.

- a) Dalam penerapannya memerlukan waktu yang cukup lama
- b) Kemampuan berpikir rasional peserta didik ada yang masih terbatas
- c) Tidak semua peserta didik mampu mengikuti pembelajaran dengan baik

(Khasniah, 2021)

### C. Teknik *Mind Mapping*

#### a. Pengertian *Mind Mapping*

*Mind mapping* pertama kali diperkenalkan oleh Tony Buzan sekitar tahun 1970-an. Sebuah pembelajaran akan mencapai tujuannya apabila peserta didik menggunakan kedua sisi otaknya, yaitu otak kanan dan kiri. Kemudian Buzan (2006, hal. 4) mengatakan bahwa otak manusia terdiri dari dua sisi, yaitu kiri dan kanan. Otak kiri berfungsi untuk berpikir rasional, berurutan, analitis, dan linier saintifik, seperti berhitung, membaca dan berbahasa. Sedangkan otak kanan berfungsi untuk mengembangkan imajinasi dan kreativitas. Kedua sisi tersebut memiliki fungsi dan tugas yang berbeda dan harus tumbuh dalam keseimbangan.

Buzan (2006, hal. 4) mengatakan definisi dari *mind mapping* adalah sebagai berikut.

- 1) *Mind mapping* adalah alat berpikir organisasional yang hebat
- 2) *Mind mapping* adalah cara termudah menempatkan informasi ke dalam otak dan mengembalikannya lagi
- 3) *Mind mapping* merupakan cara mencatat kreatif, efektif, dan secara harfiah akan memetakan pikiran.
- 4) *Mind mapping* adalah hasil visualisasi berupa simbol atau gambar yang dapat digunakan sebagai ganti catatan tertulis dan lebih untuk diingat.

Menurut Rahayu (2021, hal. 70), *mind mapping* dapat diartikan sebagai proses memetakan pikiran untuk menghubungkan konsep tertentu dan membentuk hubungan konsep yang dapat memberikan pemahaman dan hasilnya dituangkan langsung di atas kertas dengan animasi yang menarik dan gampang dimengerti oleh pembuat. Cara kerja dari *mind mapping* ini adalah dengan mengubah semua informasi ke dalam bentuk visualisasi seperti diagram, simbol, dan gambar yang dapat mewakili informasi tersebut. Cara visualisasi ini sangat berguna untuk setiap orang yang melakukan aktivitas berpikir karena semua informasi bahkan yang bersifat abstrak sekalipun dapat ditangkap oleh otak dalam bentuk gambar.

Kemudian visualisasi ini dibentuk dalam diagram akar yang dapat menghubungkan satu konsep dengan konsep lainnya (Khan, 2010, hal. 30).

Dari berbagai pengertian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa *mind mapping* adalah sebuah cara dalam mengembangkan kegiatan berpikir dan penerimaan informasi ke dalam bentuk visualisasi seperti gambar atau simbol yang dapat digunakan sebagai pengganti dari catatan tertulis sehingga mampu meningkatkan pemahaman materi dan dapat memperoleh wawasan baru karena kedua belah otak digunakan dalam *mind mapping* ini.

b. Karakteristik *Mind Mapping*

Menurut Swadarma (2013, hal. 25) *mind mapping* memiliki karakteristik sebagai berikut.

- 1) Menggunakan kertas polos dan berorientasi *landscape*.
- 2) Menggunakan spidol warna-warni sehingga setiap cabang memiliki warna yang berbeda.
- 3) Menggunakan garis lengkung.
- 4) Cabang utama dimulai dari tengah menggunakan huruf kapital, kemudian pada cabang menggunakan huruf kecil.
- 5) Menggunakan kata kunci yang dapat menggambarkan informasi yang disampaikan.
- 6) Menggunakan gambar untuk memudahkan dalam mengingat.
- 7) Tema utama diletakkan di bagian tengah, kemudian memberikan garis ke segala arah untuk menuliskan sub tema.

Menurut Nasih & Kholidah (2013, hal. 110), *mind mapping* memiliki karakteristik yang berwarna-warni serta menggunakan berbagai bentuk gambar dan simbol sehingga tidak tampak seperti tulisan melainkan seperti karya seni. Tujuannya adalah agar dapat membantu seseorang dalam menerima dan mengingat informasi, meningkatkan pemahaman serta membantu mengorganisasikan materi dan memberikan wawasan baru.

Dari beberapa pendapat mengenai karakteristik *mind mapping* di atas, dapat disimpulkan bahwa karakteristik dari *mind mapping* adalah dibuat menggunakan simbol gambar, bentuk, garis melengkung dan kosa kata yang saling berhubungan, dibuat dengan warna yang berbeda-beda, serta memiliki cabang yang bersumber dari topik utama.

c. Cara Membuat *Mind Mapping*

Menurut Buzan (2006, hal. 15) terdapat tujuh langkah dalam membuat *mind mapping*, yaitu sebagai berikut.

- 1) Mulai dari bagian tengah kertas kosong yang sisi panjangnya diletakkan mendatar. Hal ini akan memberikan kebebasan kepada otak untuk menyebar ke segala arah dan untuk mengungkapkan dirinya dengan lebih bebas.
- 2) Menggunakan gambar atau foto untuk ide sentral. Gambar memiliki makna seribu kata dan dapat membantu dalam berimajinasi. Gambar akan membuat lebih menarik, fokus dan konsentrasi.
- 3) Menggunakan warna. Bagi otak, warna sama menariknya dengan gambar. Warna akan menciptakan kesan lebih hidup, kreatif, dan menyenangkan.
- 4) Menghubungkan cabang utama ke gambar pusat dan menghubungkan cabang tingkat dua dan tiga ke tingkat satu dan dua, dan seterusnya.
- 5) Membuat garis hubung yang melengkung, bukan garis lurus. Garis lurus akan membosankan otak.
- 6) Menggunakan satu kata kunci untuk setiap garis
- 7) Menggunakan gambar, seperti gambar sentral.

d. Manfaat *Mind Mapping*

*Mind mapping* memiliki banyak sekali manfaat yang berguna untuk membantu proses pembelajaran peserta didik. Menurut Buzan (2006, hal. 6), manfaat dari *mind mapping* adalah sebagai berikut.

- 1) Meningkatkan kemampuan merencana dan berkomunikasi
- 2) Lebih kreatif dan inovatif
- 3) Menghemat dan mengefisienkan waktu pembelajaran

- 4) Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah
  - 5) Meningkatkan keterampilan menyusun dan menjelaskan pikiran sehingga lebih mudah mengingat
- e. Kelebihan dan Kekurangan *Mind mapping*

1) Kelebihan *Mind mapping*

Menurut Rahayu, (2021, hal. 76) *mind mapping* memiliki kelebihan diantaranya sebagai berikut.

- a) Memudahkan dalam menggali informasi dari dan ke otak peserta didik
- b) Peserta didik dapat mengemukakan pendapat secara bebas
- c) Catatan yang dibuat akan lebih fokus pada inti materi
- d) Meningkatkan kreativitas individu maupun kelompok
- e) Memudahkan peserta didik dalam mengingat materi
- f) Suasana pembelajaran menjadi lebih menyenangkan
- g) Mengaktifkan seluruh bagian otak

2) Kekurangan *Mind Mapping*

Menurut Rahayu (2021, hal. 78), kekurangan *mind mapping* diantaranya adalah sebagai berikut.

- a) Jumlah detail informasi yang diterima peserta didik tidak diketahui
- b) Memerlukan waktu yang lama dan proses pembuatannya
- c) Memerlukan waktu yang lama dalam memeriksanya
- d) Pembuatannya relatif sulit

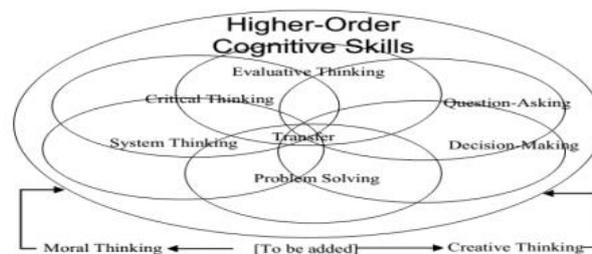
#### **D. Keterampilan Berpikir Sistem**

Istilah berpikir sistem pertama kali dicetuskan oleh Barry Richmond pada tahun 1987-an. Sistem merupakan sesuatu yang lebih dari sekedar kumpulan bagian-bagian tertentu. Secara harfiah, berpikir sistem adalah sebuah keterampilan dalam memecahkan suatu kesatuan yang kompleks. Richmond (1994) mendefinisikan berpikir sistem sebagai seni dan ilmu dalam membuat kesimpulan yang dapat diandalkan tentang perilaku dengan mengembangkan pemahaman yang semakin mendalam tentang struktur yang mendasarinya. Sedangkan Arnold & Wade (2015, hal. 675) mendefinisikan berpikir sistem sebagai sebuah keterampilan analitis yang digunakan untuk

meningkatkan kemampuan mengidentifikasi dan memahami sistem, memprediksi perilakunya, dan merancang modifikasinya untuk menghasilkan efek yang diinginkan. Berpikir sistem mencakup delapan keterampilan, yaitu 1) mengenali interkoneksi, 2) mengidentifikasi dan memahami umpan balik, 3) memahami struktur sistem, 4) membedakan jenis stok, aliran, dan variabel, 5) mengidentifikasi dan memahami hubungan non-linear, 6) memahami perilaku dinamis, 7) mengurangi kompleksitas dengan memodelkan sistem secara konseptual, dan 8) memahami sistem pada skala berbeda (Arnold & Wade, 2015, hal. 677).

Keterampilan berpikir sistem menjadi hal yang perlu dimiliki peserta didik dalam proses pembelajaran fisika. Berpikir sistem atau *system thinking* adalah salah satu pendekatan yang digunakan untuk melihat sebuah masalah secara menyeluruh, sehingga pengambilan keputusan menjadi terarah pada sumber-sumber yang akan mengubah sistem (S. Rahayu et al., 2022, hal. 234).

Berpikir sistem atau *system thinking* merupakan salah satu jenis dari keterampilan berpikir tingkat tinggi. Adapun Posisi berpikir sistem diilustrasikan pada gambar berikut.



**Gambar 2. 1** Posisi Berpikir Sitem dalam Berpikir Tingkat Tinggi

(Meilinda et al., 2018, hal. 2)

Terdapat tiga jenis *system thinking* yang telah dikembangkan, dimulai pertama kali oleh Weiss ketika melakukan penelitian tentang respon kupu-kupu terhadap cahaya dan gravitasi. Menurut Weiss, regulasi dan adaptasi adalah reaksi dari sistem pada organisme. Kemudian yang kedua dikemukakan oleh Bertalanffy yang melihat bahwa sistem adalah bagian-bagian elemen yang saling terhubung melalui sebuah lingkaran. Teori *system thinking* dari Bertalanffy dinamakan dengan GST (*General System Thinking*). Kemudian

yang ketiga dikemukakan oleh Weinert dengan teori sistem sibernetikanya. Teori *system thinking* sibernetika terjadi dalam lingkungan yang stabil dan tertutup dalam jangka waktu panjang.

Ilmuwan lain yang mengajukan teori *system thinking* adalah Forrester. Menurut Forrester, sistem itu selalu terbuka dan selalu mencoba mencapai keseimbangan bahkan dalam periode yang terbatas. Keseimbangan sistem bersifat sementara dan akan ada fase kekacauan sistem. *System thinking* yang dikembangkan oleh Forrester cenderung mengabaikan struktur dan fungsi karena *system thinking* bersifat dinamis, struktur dan fungsinya tidak tetap, selalu berkembang dan berevolusi untuk mencapai keseimbangan.

Beberapa peneliti kemudian mencoba mengembangkan dimensi yang baru dengan menggunakan kerangka teori GST, sibernetika, dan dinamis. Peneliti tersebut diantaranya adalah Arnold dan Wade serta Boersma. Arnold dan Wade menempatkan pemikiran dinamis sebagai tingkat menengah antara sistem GST dan Sibernetika. Sedangkan Boersma menggabungkan ketiga tersebut dalam suatu susunan kontinu. Kerangka berpikir sistem dari Boersmalah yang dikembangkan oleh Meilinda dalam penelitiannya (Meilinda et al., 2018, hal. 2–3).

Untuk mengukur keterampilan berpikir sistem, diperlukan adanya instrumen pengukur keterampilan berpikir sistem. Menurut Meilinda (2018, hal. 3), *system thinking* atau berpikir sistem memiliki empat indikator, yaitu indikator berpikir sistem I (prasyarat), indikator berpikir sistem II (dasar), indikator berpikir sistem III (menengah), dan indikator berpikir IV (ahli koheren). Keempat indikator ini dikembangkan menjadi indikator-indikator sebagai berikut.

**Tabel 2. 2** Indikator Berpikir Sistem

No	Indikator	Sub Indikator
1	Mampu mengenali struktur dan peran komponen sistem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengidentifikasi sub komponen beserta fungsinya dalam sebuah sistem</li> <li>2. Menganalisis hubungan struktur dan fungsi antara komponen sistem pada tingkat sistem yang sama</li> <li>3. Memetakan konsep sistem pada tingkat yang spesifik</li> </ol>

No	Indikator	Sub Indikator
2	Mampu menganalisis pemodelan sistem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membuat gambaran umum pola dari sistem</li> <li>2. Merancang pola interaksi komponen yang dapat dicari keberadaannya pada sistem tertutup</li> <li>3. Mengembangkan pemodelan yang memvisualisasikan kedudukan seluruh komponen dan sub komponen pada frame sistem yang berbentuk 2D/3D</li> </ol>
3	Mampu menganalisis interaksi komponen sistem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menganalisis hubungan konsep pada tingkat yang berbeda</li> <li>2. Mengorganisasikan komponen, sub komponen, interaksi, dan proses yang terjadi diantaranya</li> <li>3. Menganalisis proses umpan balik yang ada diantara komponen serta sub komponen sistem</li> </ol>
4	Mampu memperkirakan perilaku sistem akibat dari interaksi dalam sistem ataupun luar sistem	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memperkirakan perilaku yang muncul dari sistem sebagai akibat dari interaksi antar komponen sistem</li> <li>2. Memperkirakan akibat dari adanya intervensi pada sistem yang dapat menyebabkan hilang atau bertambahnya komponen sistem</li> <li>3. Mengimplementasikan pola yang baru berdasarkan hasil prediksi</li> </ol>

Adapun contoh soal pada setiap indikator berpikir sistem adalah sebagai berikut.

**Tabel 2. 3** Contoh Soal Berpikir Sistem

No	Indikator	Contoh Soal
1	Mampu mengenali struktur dan peran komponen sistem	<p>Komponen manakah yang bertanggungjawab untuk mencampurkan bahan baku dengan alkohol dalam pembuatan energi biodiesel?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>A. Reaktor transesterifikasi</li> <li>B. Tangki pemisah</li> <li>C. Kolom distilasi</li> <li>D. Heat exchanger</li> <li>E. Tangki penyimpanan</li> </ol>
2	Mampu menganalisis pemodelan sistem	<p>Dalam proses produksi biodiesel, bagaimana tahapan esterifikasi dan transesterifikasi digambarkan secara umum?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>A. Esterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA rendah, reaksi dengan alkohol dan asam menghasilkan metil ester dan air, dipisahkan, dilanjutkan dengan</li> </ol>

No	Indikator	Contoh Soal
		<p>transesterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA tinggi menggunakan basa, menghasilkan metil ester dan gliserol, dipisahkan, dimurnikan dari air.</p> <p>B. Esterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA tinggi, reaksi dengan alkohol dan asam menghasilkan metil ester dan air, dipisahkan, dilanjutkan dengan transesterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA rendah menggunakan basa, menghasilkan metil ester dan gliserol, dipisahkan, dimurnikan dari air.</p> <p>C. Esterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA tinggi, reaksi dengan alkohol dan asam menghasilkan metil ester dan gliserol, dipisahkan, dilanjutkan dengan transesterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA rendah menggunakan basa, menghasilkan metil ester dan air, dipisahkan, dimurnikan dari air.</p> <p>D. Esterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA rendah, reaksi dengan alkohol dan asam menghasilkan metil ester dan gliserol, dipisahkan, dilanjutkan dengan transesterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA tinggi menggunakan basa, menghasilkan metil ester dan air, dipisahkan, dimurnikan dari air.</p> <p>E. Esterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA tinggi, reaksi dengan alkohol dan basa</p>

No	Indikator	Contoh Soal
		<p>menghasilkan metil ester dan air, dipisahkan, dilanjutkan dengan transesterifikasi untuk minyak dengan kadar FFA rendah menggunakan asam, menghasilkan metil ester dan gliserol, dipisahkan, dimurnikan dari air.</p>
3	Mampu menganalisis interaksi komponen sistem	<p>Bagaimana dampak penggunaan minyak dengan kadar FFA tinggi dan FFA rendah terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan?</p> <p>A. Minyak dengan kadar FFA rendah menghasilkan biodiesel berkualitas baik tanpa pretreatment, sementara minyak dengan kadar FFA tinggi memerlukan pretreatment untuk mengurangi FFA sebelum diproses.</p> <p>B. Minyak dengan kadar FFA tinggi menghasilkan biodiesel berkualitas baik karena FFA yang tinggi mempercepat reaksi transesterifikasi, sementara minyak dengan FFA rendah memerlukan penambahan katalis tambahan.</p> <p>C. Minyak dengan kadar FFA rendah menghasilkan biodiesel berkualitas lebih rendah karena kurangnya komponen aktif, sedangkan minyak dengan FFA tinggi menghasilkan biodiesel berkualitas baik tanpa pretreatment.</p> <p>D. Minyak dengan kadar FFA tinggi memerlukan pretreatment dan tidak langsung menghasilkan biodiesel berkualitas baik, sementara minyak dengan kadar FFA rendah dapat langsung digunakan.</p>

No	Indikator	Contoh Soal
		E. Kualitas biodiesel tidak dipengaruhi oleh kadar FFA dalam minyak; kualitas biodiesel hanya bergantung pada penggunaan katalis.
4	Mampu memperkirakan perilaku sistem akibat dari interaksi dalam sistem ataupun luar sistem	Sebuah perusahaan melakukan perubahan sumber energi biodiesel dari minyak jelantah ke minyak biji jarak sebagai sumber utama. Prediksilah apa yang paling mungkin terjadi akibat dari perubahan ini? A. Peningkatan emisi karbon B. Peningkatan kualitas biodiesel C. Penurunan kapasitas produksi D. Penurunan efisiensi konversi biodiesel E. Penurunan biaya produksi

#### E. Keterkaitan Antara Model *Problem Based Learning (PBL)*, Teknik *Mind Mapping*, dan Keterampilan Berpikir Sistem

Model *problem based learning (pbl)* dan teknik *mind mapping* memiliki keterkaitan dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem. Berpikir sistem menuntut kemampuan untuk melihat suatu masalah secara holistik atau secara keseluruhan, menganalisis hubungan antar elemen dan memahami berbagai elemen yang terdapat di dalamnya.

Dalam model *pbl*, peserta didik akan diberikan sebuah permasalahan nyata yang membutuhkan solusi dengan pemikiran yang analitis dan kritis. Hal ini akan menuntut peserta didik untuk mampu memahami masalah secara menyeluruh, mengumpulkan informasi dan menemukan hubungan antar berbagai konsep yang ada dalam masalah tersebut. Proses ini mendorong peserta didik untuk tidak melihat sebuah permasalahan dari satu sudut pandang saja, melainkan melihatnya dari berbagai sudut pandang dan elemen yang saling terhubung di dalamnya. Sehingga *pbl* ini mengajarkan peserta didik untuk berpikir secara terbuka dan mempertimbangkan dampak dari berbagai elemen yang ada dalam sebuah sistem. Riset terdahulu menunjukkan bahwa

*pbl* dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem (Rahayu et al., 2022, hal. 237).

Teknik *mind mapping* berfungsi untuk melengkapi model *pbl* dalam hal menyediakan alat berupa visual untuk membantu peserta didik dalam mengorganisasikan informasi secara sistematis. Ketika peserta didik membuat *mind mapping* dari masalah yang mereka temukan, peserta didik akan mulai memetakan informasi dari yang paling utama dan menghubungkannya dengan sub-informasi yang berkaitan. Hal ini diperkuat oleh riset terdahulu yang mengatakan bahwa *mind mapping* berperan penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir sistem peserta didik (Mitra et al., 2023, hal. 96).

Dengan demikian, keterkaitan antara *problem based learning (pbl)* dengan teknik *mind mapping* dalam meningkatkan keterampilan berpikir sistem terletak pada bagaimana keduanya mendorong peserta didik untuk mengidentifikasi, mengorganisasi, dan menghubungkan berbagai elemen dari masalah yang sedang mereka pecahkan. Berikut merupakan gambaran umum mengenai penerapan pembelajaran dengan model *pbl* dengan teknik *mind mapping* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

**Tabel 2. 4** Keterkaitan Antara *PBL*, Teknik *Mind Mapping*, dan Keterampilan Berpikir Sistem

<b>Sintak <i>Problem based learning</i></b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Peserta Didik</b>	<b>Indikator Berpikir Sistem</b>
<b>Fase I</b> Orientasi peserta didik terhadap masalah	Menyajikan fenomena atau masalah nyata terkait energi biogas, energi biodiesel, dan PLTBm.	Mengamati fenomena atau masalah yang disajikan guru	Mengenali struktur dan peran komponen sistem

<b>Sintak <i>Problem based learning</i></b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Peserta Didik</b>	<b>Indikator Berpikir Sistem</b>
<b>Fase II</b> Mengorganisasikan peserta didik dalam belajar	Membagi peserta didik menjadi 6 kelompok dan mengarahkan untuk membuat rumusan masalah	Duduk bersama kelompok dan membuat rumusan masalah	Menganalisis interaksi komponen sistem
<b>Fase III</b> Membimbing peserta didik dalam penyelidikan individual maupun kelompok	Membimbing peserta didik untuk menemukan solusi dari rumusan masalah yang telah dirancang	Menyelidiki dan mengumpulkan informasi yang dapat menjawab rumusan masalah yang telah dirancang	
<b>Fase IV</b> Mengembangkan dan menyajikan hasil pengamatan	Meminta peserta didik untuk membuat <i>mind mapping</i> yang berisi informasi dan solusi dari rumusan masalah	Membuat <i>mind mapping</i> yang berisi informasi dan solusi dari rumusan masalah serta mempresentasikannya	Menganalisis pola pemodelan dalam sistem
<b>Fase V</b> Analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah	Mengarahkan peserta didik untuk menganalisis dan mengevaluasi hasil diskusi	Menganalisis dan mengevaluasi hasil diskusi serta mencatat informasi tambahan yang diperoleh dari kelompok yang lain.	Memperkirakan perilaku sistem akibat dari interaksi dalam sistem ataupun luar sistem

#### **F. Keterkaitan Antara Model *Discovery Learning*, Teknik *Mind Mapping*, dan Keterampilan Berpikir Sistem**

Model *discovery learning* merupakan salah satu model yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir sistem (Kurniawati, 2023; Effendi, 2023). Model ini bertujuan untuk mendorong peserta didik aktif mencari, menemukan, dan memahami konsep atau prinsip secara mandiri melalui eksplorasi. Model ini menekankan proses berpikir kritis dan analisis yang mendalam, sehingga selaras dengan pengembangan keterampilan berpikir sistem. Dalam model *discovery learning*, peserta didik diajak untuk memahami pola dari sesuatu yang sedang diamati, sehingga mereka akan mengetahui struktur yang ada di dalamnya dan bagaimana mereka saling berhubungan. Hal ini mendukung peserta didik dalam mengembangkan keterampilan berpikir sistem mereka.

Teknik *mind mapping* merupakan alat bantu visual yang digunakan untuk mempresentasikan informasi secara terstruktur, kreatif, dan terorganisasi. Teknik ini mendukung model *discovery learning* karena membantu peserta didik memetakan hubungan antar struktur, mengidentifikasi pola, dan mempermudah analisis. *Mind mapping* ini juga mampu membantu peserta dalam memahami dan mengingat informasi yang mereka peroleh selama proses pembelajaran.

Ketika model *discovery learning* dan teknik *mind mapping* dipadukan, maka peserta didik tidak hanya belajar secara mandiri, tetapi juga mampu menganalisis sistem secara holistik. Proses ini mendorong penguasaan keterampilan berpikir sistem karena peserta didik dilatih untuk memahami struktur, pola interaksi, dan hubungan sistemik dari perubahan elemen yang dalam sesuatu yang sedang mereka pelajari. Integrasi keduanya membentuk pembelajaran yang mendalam, terarah, dan berorientasi pada kemampuan berpikir sistem peserta didik. Berikut merupakan gambaran umum mengenai penerapan pembelajaran dengan model *discovery learning* dengan teknik *mind mapping* untuk meningkatkan keterampilan berpikir sistem.

**Tabel 2. 5** Keterkaitan Model *Discovery Learning*, Teknik *Mind Mapping*, dan Keterampilan Berpikir Sistem

<b>Sintak <i>Discovery Learning</i></b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Peserta Didik</b>	<b>Indikator Berpikir Sistem</b>
<b>Fase I <i>Stimulation</i></b>	Menyajikan fenomena atau masalah nyata terkait energi biogas, energi biodiesel, dan PLTBm.	Mengamati fenomena atau masalah nyata yang disajikan guru	Mengenali struktur dan peran komponen sistem
<b>Fase II <i>Problem Statement</i></b>	Membagi peserta didik menjadi 6 kelompok dan mengarahkan untuk membuat rumusan masalah	Duduk bersama kelompok dan membuat rumusan masalah	Mengenali struktur dan peran komponen sistem
<b>Fase III <i>Data Collecting</i></b>	Membimbing peserta didik untuk menemukan solusi dari rumusan masalah yang telah dirancang	Menyelidiki dan mengumpulkan informasi yang dapat menjawab rumusan masalah yang telah dirancang	Menganalisis interaksi komponen sistem
<b>Fase IV <i>Data Processing</i></b>	Meminta peserta didik untuk membuat <i>mind mapping</i> yang berisi informasi dan	Membuat <i>mind mapping</i> yang berisi informasi dan solusi dari rumusan masalah serta mempresentasikannya	Menganalisis pola pemodelan dalam sistem

<b>Sintak <i>Discovery Learning</i></b>	<b>Aktivitas Guru</b>	<b>Aktivitas Peserta Didik</b>	<b>Indikator Berpikir Sistem</b>
	solusi dari rumusan masalah		
<b>Fase V <i>Verification</i></b>	Mengarahkan peserta didik untuk mempresentasikan dan mendiskusikan hasil <i>mind mapping</i> yang telah dibuat, memberikan penguatan materi dan meluruskan jika terdapat miskonsepsi	Mempresentasikan <i>mind mapping</i> , berdiskusi, dan mencatat materi tambahan dari guru	Memperkirakan perilaku sistem akibat dari interaksi dalam sistem ataupun luar sistem
<b>Fase VI <i>Generalization</i></b>	Membimbing peserta didik untuk membuat kesimpulan dari materi yang sedang dipelajari	Membuat kesimpulan dari materi yang sedang dipelajari	Memperkirakan perilaku sistem akibat dari interaksi dalam sistem ataupun luar sistem

## **G. Energi Biomassa**

### a. Pengertian Energi Biomassa

Biomassa sebagai energi yang dihasilkan dari transformasi bahan-bahan biologis memiliki peran yang cukup besar bagi kehidupan. Namun

hal ini belum sepenuhnya disadari oleh masyarakat, karena masyarakat sudah terbiasa menggunakan energi fosil. Sebenarnya energi biomassa sejak dahulu telah digunakan, seperti penggunaan kayu bakar untuk memasak. Namun karena perkembangan teknologi, masyarakat lebih sering menggunakan energi fosil daripada energi biomassa. Saat ini, kondisi energi fosil terancam habis dan emisi gas rumah kaca sudah semakin parah. Hal inilah yang menjadikan penggunaan energi biomassa sebagai energi alternatif kembali menjadi sorotan (Sulsaminingsih et al., 2023, hal. 43–44).

Secara umum, biomassa adalah bahan yang dapat diperoleh dari tanaman, peternakan dan industri makanan. Istilah lain dari biomassa adalah *fitomasa biosource* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Adapun menurut IEA (*International Energi Agency*), biomassa merupakan setiap bahan yang berasal dari bahan biologis termasuk bahan bakar atau gambut yang mengandung bahan kimia dan dapat dikonversi ke berbagai energi lainnya. Kemudian dari sudut pandang kehutanan dunia, FAO memiliki definisi bahwa biomassa adalah total bahan organik yang berada di atas permukaan tanah pada pohon yang dinyatakan berat kering per satuan luas (Damanik, 2021, hal. 6).

Kandungan yang terdapat dalam biomassa adalah campuran dari bahan organik yang kompleks, seperti karbohidrat, lemak, protein, dan mineral lain yang jumlahnya sedikit diantaranya adalah sodium, posfor, besi dan kalsium. Adapun komponen utama dari tanaman adalah karbohidrat dan lignin.

Menurut Putro (2020, hal. 283), biomassa sebagai energi alternatif memiliki sifat tersendiri, diantaranya adalah sebagai berikut.

- 1) Dapat diperbaharui
- 2) Tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian.

b. Sumber Energi Biomassa

Indonesia memiliki potensi biomassa yang digunakan sebagai sumber energi sebesar yakni 146,7 juta ton per tahun, sedangkan potensi sampah pada tahun 2020 sebagai sumber energi sebesar 53,7 juta ton. Limbah yang berasal dari hewan dan tumbuhan semuanya memiliki potensi untuk dimanfaatkan dan dikembangkan. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar memiliki keuntungan yang dapat langsung dirasakan, yaitu sebagai berikut.

- 1) Meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan
- 2) Menghemat biaya
- 3) Mengurangi keperluan tempat untuk penyimpanan sampah

(Parinduri, 2020, hal. 89)

c. Konversi Energi Biomassa

Agar biomassa dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, biomassa terlebih dahulu harus dikonversi menggunakan beberapa teknologi. Secara umum, terdapat 3 jenis teknologi konversi biomassa, diantaranya adalah sebagai berikut.

1) Pembakaran langsung

Pembakaran langsung adalah teknologi yang sangat sederhana. Pada umumnya, biomassa dapat langsung dibakar. Walaupun ada beberapa biomassa yang perlu dikeringkan terlebih dahulu untuk memudahkan penggunaan.

2) Konversi termokimiawi

Konversi termokimiawi adalah teknologi yang membutuhkan perlakuan termal yang memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar

3) Konversi biokimiawi

Konversi biokimiawi adalah teknologi konversi yang menggunakan bantuan mikroba untuk menghasilkan bahan bakar.

(Parinduri, 2020, hal. 89)

#### d. Jenis-Jenis Energi Biomassa

Biomassa dapat diolah menjadi berbagai jenis produk energi alternatif, seperti biogas, biodiesel, dan bioetanol. Berikut merupakan penjelasan terkait ketiga jenis energi biomassa tersebut.

##### 1) Biogas

Energi biogas merupakan energi yang berasal dari berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia dan kotoran hewan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi. Limbah kotoran ternak dapat dimanfaatkan menjadi dua macam teknologi ramah lingkungan yaitu biogas dan sisa dari pembuatan biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik.

Biogas merupakan campuran gas hasil fermentasi anaerob dari kotoran ternak. Energi biogas ini berfungsi sebagai pengganti bahan bakar fosil yang dapat mengurangi gas emisi rumah kaca di atmosfer (Indriyani et al., 2022, hal. 71).

Dalam proses pembuatan energi biogas, diperlukan 3 tempat penampungan dalam 1 unit alat produksi biogas. Pertama adalah tempat untuk menampung kotoran hewan ternak, kedua adalah tabung sebagai tempat pembuatan biogas (digester) dan yang terakhir adalah tempat untuk menampung sisa hasil pemrosesan biogas berupa gas. Komponen utama dari ketiga tempat tersebut adalah digester. Berikut merupakan tata cara pembuatan alat produksi biogas.

- a) Membuat tempat untuk menampung kotoran ternak secara permanen dari bahan semen dan batu bata
- b) Membuat parit yang menghubungkan paralon ke digester
- c) Tank digester dikubur setengahnya ke dalam tanah
- d) Paralon dari tempat penampungan kotoran ternak dihubungkan ke dalam digester melalui parit yang telah dibuat
- e) Membuat tempat untuk menampung gas hasil fermentasi dalam digester menggunakan plastik
- f) Buat sambungan paralon dari digester ke plastik digester

- g) Menyambungkan pipa biogas ke selang yang biasa digunakan pada kompor gas

Adapun proses pembuatan energi biogas adalah sebagai berikut.

- a) Mencampurkan kotoran ternak dengan air (1:1) sampai berbentuk lumpur pada tempat penampungan. Hal ini bertujuan agar bahan menjadi lebih mudah dimasukkan ke dalam digester. Pastikan bahan bersih dari benda kasar seperti kayu, akar, daun keras, sisa batang, rumput atau kotoran lainnya.
- b) Mengalirkan bahan ke dalam digester melalui lubang atau pipa yang terhubung ke digester. Pada saat memasukkan bahan yang pertama, kran di atas digester dibuka agar udara dalam digester dapat keluar. Pada pengisian bahan pertama ke dalam digester, isi digester sampai penuh.
- c) Membiarkan proses fermentasi dalam digester selama 1 sampai 8 hari dan membuang gas tersebut, karena gas yang dihasilkan adalah gas karbondioksida. Sedangkan pada fermentasi di hari ke 10 sampai ke ke 14, gas yang dihasilkan adalah gas metan dan gas karbondioksida mulai menurun.
- d) Pada hari ke 14, gas yang terbentuk dapat digunakan untuk menyalakan api pada kompor gas atau kebutuhan lainnya.
- e) Limbah sisa dari proses pembuatan bigas digunakan sebagai pupuk organik.

(Indriyani et al., 2022, hal. 72)

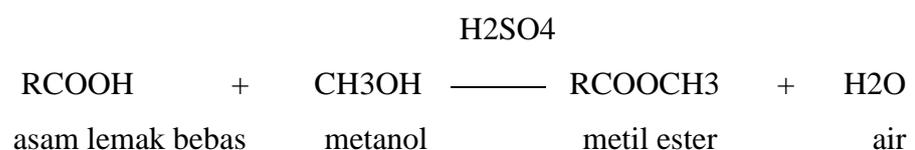
## 2) Biodiesel

Bahan bakar minyak merupakan sumber energi yang digunakan dalam skala besar di seluruh dunia. Penggunaan dalam skala besar ini menyebabkan ketersediaan minyak bumi semakin berkurang dari waktu ke waktu. Sehingga muncullah isu konversi energi sebagai pengganti energi fosil. Energi alternatif dari bahan bakar minyak yang berasal dari minyak nabati disebut dengan

biodiesel. Secara umum, energi biodiesel adalah bahan bakar untuk mesin diesel yang terbuat dari bahan terbarukan yang terdiri dari ester alkil dari asam lemak. Biodiesel adalah energi alternatif yang ramah lingkungan karena memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah dibandingkan dengan solar. Biodiesel dapat diperoleh dari minyak tumbuhan atau dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui seperti minyak nabati, lemak binatang dan minyak goreng bekas (Hartono et al., 2023, hal. 124).

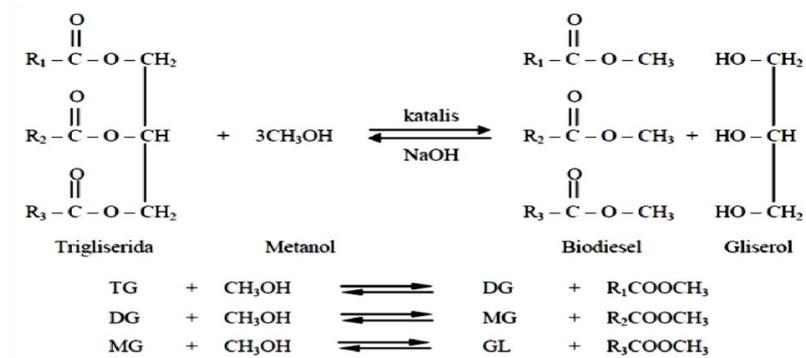
Standar mutu energi biodiesel ditentukan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kandungan air dan kotoran dalam minyak, kandungan asam lemak bebas, warna dan bilangan peroksida. Hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan biodiesel adalah kandungan asam lemak bebas yang terdapat dalam bahan biodiesel. Jumlah asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH sebagai katalis yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam bahan. Semakin tinggi kandungan asam lemak bebas dalam bahan, maka kualitasnya akan semakin rendah (Arita et al., 2020, hal. 3).

Proses pembuatan energi biodiesel untuk minyak dengan kandungan asam lemak bebas tinggi, terlebih dahulu dilakukan esterifikasi. Esterifikasi merupakan proses transformasi asam menjadi ester dengan produk sampingnya berupa air. Setelah mengalami esterifikasi, dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Namun sebelum diolah pada tahap transesterifikasi, ester dari proses esterifikasi harus dibersihkan dari kandungan air dan zat lain yang tidak dibutuhkan. Berikut merupakan reaksi yang terjadi dalam proses esterifikasi.



**Gambar 2. 2** Reaksi pada Esterifikasi

Transesterifikasi merupakan proses dari pembuatan biodiesel dengan cara mengubah sifat minyak nabati menjadi bahan bakar mesin diesel yaitu ester dan gliserol bebas. Reaksi yang terjadi dalam proses transesterifikasi ini adalah mereaksikan trigliserida dengan alkohol yang menghasilkan metil ester atau biodiesel dengan gliserol sebagai produk sampingnya. Adapun katalis yang digunakan adalah basa, seperti NaOH atau KOH. Berikut merupakan reaksi yang terjadi pada proses transesterifikasi.



**Gambar 2. 3** Reaksi pada Transesterifikasi

### 3) Biofuel

Biofuel adalah salah satu energi alternatif yang potensial di Indonesia. Biofuel atau bahan bakar hayati merupakan bahan bakar yang bersumber dari bahan-bahan organik biomassa. Biofuel merupakan bahan bakar yang disintesis dari hewan atau tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin. Bahan baku dari pembuatan biofuel diantaranya adalah kelapa sawit, jarak pagar, dan kacang kedelai.

Pembuatan biofuel dapat dilakukan dengan proses perengkahan atau *cracking*. Perengkahan merupakan proses pemecahan rantai C-C dari ikatan rantai karbon yang panjang dan berat (Wafi et al., 2022, hal. 369–370). Proses perengkahan dibedakan menjadi 3 jenis metode, yaitu *hydrocracking*, *catalytic cracking*, dan *thermal cracking*. *Hydrocracking* adalah metode perengkahan yang menggunakan katalis seperti gas hidrogen dengan temperatur dan

tekanan pada kondisi tertentu. Proses yang terjadi pada metode *hydrocracking* ini adalah dekarbolisasi, dekarbonisasi, dan reaksi hidredeosigenasi. *Catalytic cracking* adalah proses pengkonversian fraksi berat menjadi fraksi sederhana dengan bantuan katalis. Adapun keunggulan dari metode ini dibandingkan dengan metode *thermal cracking* ialah produk gasolin yang dihasilkan memiliki angka oktan yang lebih besar. *Thermal cracking* merupakan proses pemutusan ikatan molekul pada hidrokarbon menjadi rantai yang pendek menggunakan panas dengan temperatur tinggi yaitu 800°C dan tekanan yang tinggi juga yaitu 700 kPa. Proses *thermal cracking* tidak menggunakan katalis dalam memutus rantai hidrokarbon (Farhan, 2023, hal. 7–8).

e. Hubungan Termodinamika dengan Energi Biomassa

Energi biomassa merupakan bagian dari energi terbarukan yang memiliki hubungan dengan konsep fisika. Konsep-konsep fisika sangat relevan untuk memahami proses dan penerapan energi terbarukan. Salah satu konsep fisika yang terdapat dalam energi biomassa adalah hukum termodinamika.

Hukum termodinamika memberikan dasar fisika yang penting untuk memahami konversi energi dalam sistem energi biomassa. Hukum termodinamika merupakan ilmu yang mempelajari hubungan energi panas dengan proses kerjanya. Terdapat empat hukum termodinamika, yaitu hukum awal (zero law), hukum termodinamika I, hukum termodinamika II, dan hukum termodinamika III. Dalam energi biomassa, hukum yang relevan dengan materi energi biomassa adalah hukum termodinamika I dan hukum termodinamika II.

1) Hukum Termodinamika I

Bunyi dari hukum termodinamika I adalah energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi hanya dapat diubah ke dalam bentuk yang lain. Dalam bahan bakar, terdapat energi kimia yang akan diubah menjadi energi yang lain seperti energi termal (panas). Dalam

hal ini, meskipun energi berubah bentuk, namun total energi yang ada di dalam sistem tetap konstan. Secara matematis, hukum termodinamika I dituliskan dalam rumus berikut.

$$\Delta U = Q - W$$

Dimana:

$\Delta U$  : Perubahan energi internal sistem

$Q$  : Panas yang diserap atau yang dilepaskan oleh sistem

$W$  : Usaha yang dilakukan oleh sistem

Dalam proses pembuatan energi biomassa dari bahan kayu, dilakukan dengan cara pembakaran. Proses pembakaran biomassa ini terjadi dalam oksigen dan menghasilkan panas dan produk pembakaran berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Saat biomassa dibakar, energi kimia yang terkandung di dalam senyawa karbon dan hidrogen diubah menjadi dua bentuk utama energi yakni energi thermal (panas) dan energi cahaya (radiasi). Energi thermal dilepaskan dalam bentuk panas yang dapat digunakan untuk memanaskan udara atau menghasilkan uap untuk pembangkit listrik. Sedangkan energi cahaya berbentuk api yang merupakan sebagai kecil energi kimia yang dikonversikan menjadi cahaya. Dalam hal ini, energi kimia yang terkandung dalam biomassa tidak hilang, melainkan diubah menjadi energi lain, yakni thermal dan radiasi.

## 2) Hukum Termodinamika II

Hukum termodinamika II terbagi menjadi dua, yakni hukum termodinamika II tentang arah aliran kalor dan tentang entropi. Bunyi hukum termodinamika II tentang arah aliran kalor adalah "kalor mengalir secara spontan dari benda bersuhu tinggi ke benda ke suhu rendah, dan tidak mengalir secara spontan dalam arah kebalikannya". Adapun bunyi dari hukum termodinamika II tentang entropi adalah dalam sebuah sistem tertutup, setiap proses termodinamika akan menghasilkan perubahan entropi lebih besar dari 0 untuk proses *irreversible* dan perubahan entropi sama dengan 0 untuk proses

*reversible*. Secara matematis, hukum termodinamika II dituliskan dalam rumus berikut.

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Dimana:

$\Delta S$  : Perubahan entropi

$Q$  : Jumlah panas yang terbuang

$T$ : Suhu (dalam Kelvin)

Dalam proses pembakaran biomassa, hukum termodinamika II berlaku, karena tidak semua energi yang terkandung dalam biomassa dapat dikonversi menjadi energi yang berguna. Sebagian besar energi ini terbuang dalam bentuk panas yang tidak dapat dimanfaatkan dan menyebabkan peningkatan entropi dalam sistem. Energi panas yang dilepaskan oleh pembakaran akan didistribusikan ke lingkungan sekitar dalam bentuk radiasi panas.

f. Konsep Mekanik dalam Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)

Konsep mekanik dalam PLTBm melibatkan proses konversi energi dari biomassa menjadi energi mekanik melalui berbagai tahapan, terutama di dalam turbin dan generator. Berikut merupakan penjelasannya.

1. Proses Konversi Energi

Proses konversi energi dalam PLTBm ini diawali dengan pembakaran biomassa di dalam boiler untuk menghasilkan energi panas. Adapun persamaan dari kalor adalah sebagai berikut.

$$Q = m \cdot L$$

Dimana:

$Q$  : Energi Panas (Joule)

$m$  : Massa Biomassa (kg)

$L$  : Nilai Kalor Biomassa (J/kg)

Proses pembakaran menghasilkan panas yang akan mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi. Uap ini digunakan untuk menggerakkan bilah-bilah turbin. Dalam hal ini terdapat energi kinetik uap dengan persamaan sebagai berikut.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Dimana:

$E_k$  : Energi kinetik (Joule)

$m$  : Massa uap (kg)

$v$  : Kecepatan aliran uap (m/s)

Turbin mengubah energi kinetik uap menjadi energi mekanik berupa putaran (rotasi)

- Torsi (momen gaya)

Torsi adalah gaya yang menyebabkan turbin berputar.

$$\tau = r \times F$$

Dimana:

$\tau$  :Torsi (Nm)

$r$  : Jarak pusat rotasi ke titik gaya (m)

$F$  : Gaya (N)

- Hubungan torsi dengan daya mekanik

$$P_{mekanik} = \tau\omega$$

Keterangan:

$P_{mekanik}$  : Daya mekanik (W)

$\omega$  : Kecepatan sudut (rad/s)

Setelah itu, energi mekanik dari turbin disalurkan ke generator untuk diubah menjadi energi listrik menggunakan prinsip induksi elektromagnetik.

Efiseinsi transfer energi:

$$\eta = \frac{P_{keluaran}}{P_{masuk}} \times 100\%$$

Dimana:

$\eta$  : Efisiensi (%)

$P_{keluaran}$  : Daya keluaran listrik (W)

$P_{masuk}$  : Daya masuk turbin (W)

