

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

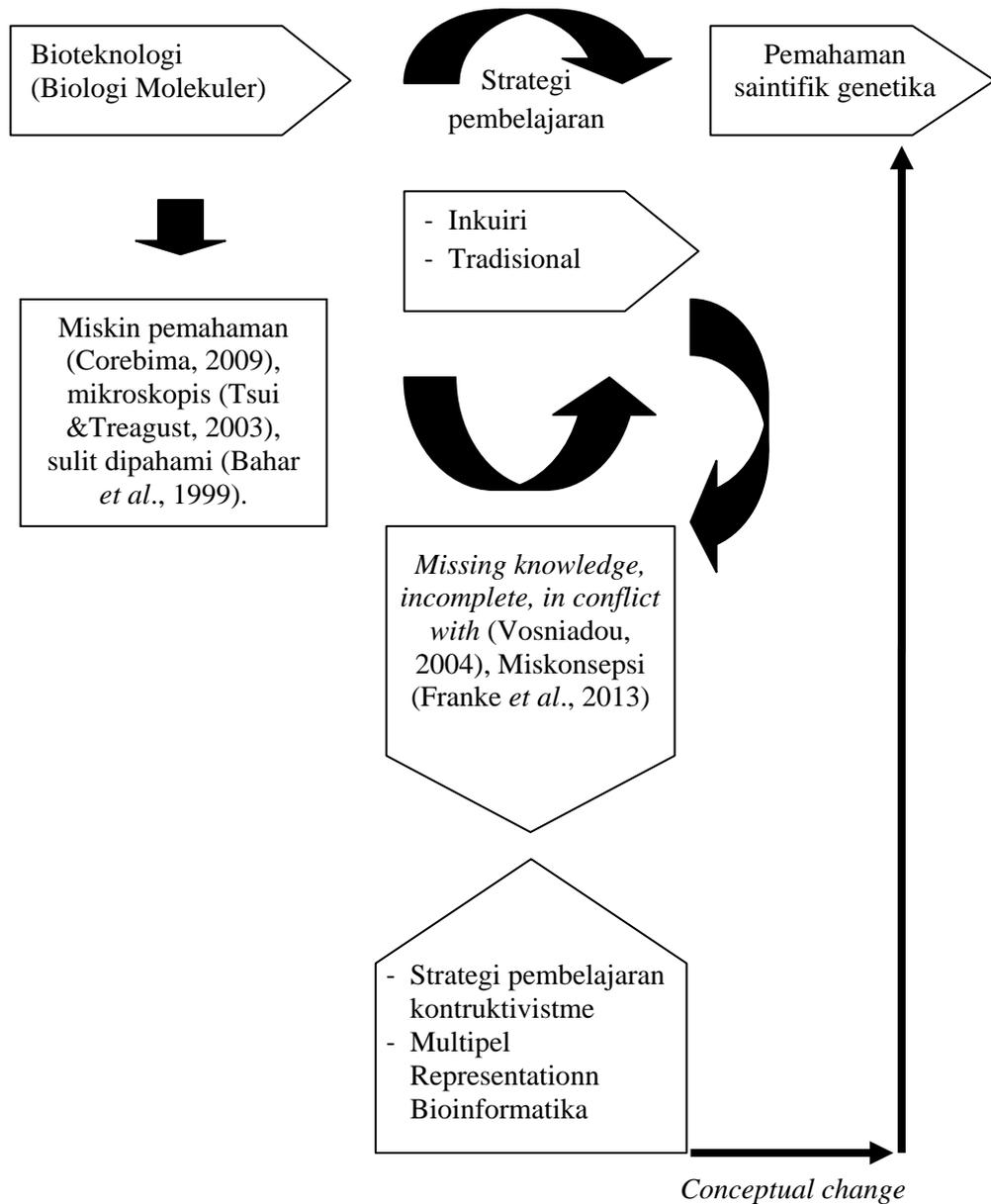
3.1 Paradigma Penelitian

Pola pikir penelitian ini dikembangkan berdasarkan latar belakang serta kajian pustaka pada bab-bab sebelumnya. Penelitian ini difokuskan pada penilaian proses perubahan konsep (*conceptual change*) yang dialami mahasiswa setelah mengalami pembelajaran berbasis bioinformatika pada mata kuliah Bioteknologi. Adapun alur paradigma penelitian ini disajikan pada gambar 3.1.

Berdasarkan beberapa penelitian diketahui bahwa bidang studi biologi merupakan salah satu pelajaran yang konsep-konsepnya sulit untuk dipahami sehingga banyak dipahami secara berbeda dengan pemahaman ilmiah. Hal ini dapat dimengerti mengingat konsep-konsep yang terdapat pada bidang studi biologi khususnya konsep-konsep molekuler merupakan konsep yang abstrak karena berbasis mikroskopis bahkan tidak terlihat secara kasat mata dan tidak bersinggungan dengan kehidupan sehari-hari pebelajar sehingga sulit dipahami oleh pebelajar. Kesulitan pemahaman pebelajar pada konsep-konsep genetika disebabkan oleh cara penyajian konsep yang sudah tidak relevan lagi. Pada umumnya yang ditekankan dipelajari pada mata pelajaran genetika adalah berdasarkan sejarah bukan pada urutan konsep. Hal ini menyebabkan siswa menjadi miskin pemahaman, pemahaman yang terfragmentasi dan pada akhirnya konsep genetika sulit untuk dipahami Corebima (2009). Kesulitan pemahaman ini menurut Bahar *et al.*, (1999) karena materi substansi genetika susah untuk diamati, apalagi tanpa bantuan peralatan khusus. Materi genetika juga bersifat abstrak dan mikroskopis (Tsui dan Treagust, 2003).

Faktor-faktor lain adalah lingkungan, media serta cara pembelajaran yang diterima pebelajar juga bisa menjadi penyebab munculnya pemahaman yang tidak sejalan dengan kaidah ilmiah. Faktor-faktor tersebut menyebabkan pebelajar untuk berjuang memvisualisasikan konsep-konsep mikroskopis yang bersifat abstrak bagi mereka. Dampak pemahaman yang menyimpang ini lebih lanjut akan mempengaruhi proses pembelajaran pada jenjang pendidikan yang lebih tinggi.

Untuk memotong rangkaian tersebut maka perlu dicari alternatif pembelajaran yang dapat memberikan pengalaman dan wawasan pembelajaran yang berarti bagi pebelajar sehingga pebelajar dapat melakukan koreksi terhadap kekeliruan terhadap pemahaman konsep yang dialaminya serta pebelajar dapat membangun pengetahuannya secara bermakna.



Gambar 3.1 Alur paradigma pembelajaran berbasis bioinformatika

3.2 Definisi Operasional

Definisi terhadap beberapa istilah yang digunakan dalam rumusan masalah perlu diberikan beberapa batasan agar tidak terjadi kesalahpahaman dalam menginterpretasikan hasil penelitian ini.

3.2.1 Representasi multipel Bioinformatika

Representasi multipel merupakan penyajian konsep yang sama melalui representasi yang berbeda-beda meliputi verbal, grafik, *mode numerical* atau merupakan eksposur berulang-ulang. Bioinformatika meliputi penelitian, pengembangan atau aplikasi *tools* komputasi dan pendekatan dengan menggunakan data-data biologi, medis, meliputi perolehan, penyimpanan, pengorganisasian, analisis dan visualisasi data. Bioinformatika secara *in-silico* dapat merepresentasikan konsep-konsep biologi molekuler dalam berbagai jenis tampilan seperti grafik, teks, gambar dan simbol.

3.2.2 Conceptual Change

Pengalaman *conceptual change* yang terjadi pada pebelajar dapat diamati melalui sebuah proses transformasi dari beberapa pengetahuan awal menjadi pengetahuan akhir (mempunyai konsep yang baru). Oleh karena itu perlu mengidentifikasi representasi awal, representasi akhir serta mekanisme perukjubahan yang terjadinya. Perubahan pengetahuan mahasiswa pada suatu topik pembelajaran dikarakterisasi melalui analisis perubahan representasi awal terhadap representasi akhir (rerepresentasi).

3.3 Subjek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan (STKIP) - Garut, Jawa Barat. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa (n = 72) semester VII jurusan pendidikan biologi, STKIP – Garut pada mata kuliah bioteknologi (2 sks). Kurikulum pendidikan Biologi di STKIP – Garut tidak ada mata kuliah wajib biologi molekuler sedangkan mata kuliah wajib genetika diberikan pada semester yang sama dengan mata kuliah pilihan bioteknologi.

3.4 Materi Penelitian

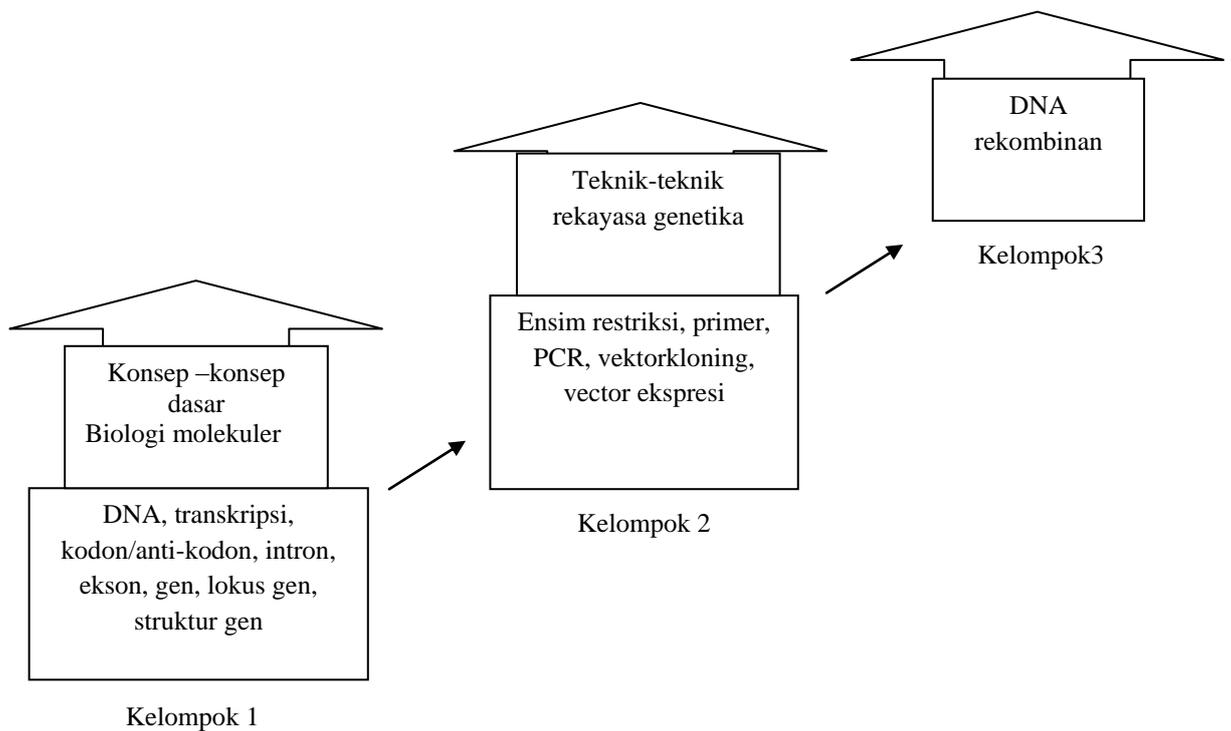
Materi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mata kuliah bioteknologi, meliputi pemahaman yang paling mendasar pada DNA, RNA, protein, genom dan gen; pemahaman aplikasi konsep pada teknik-teknik rekayasa 1 dan 2. Setelah mengalami proses pembelajaran ini mahasiswa pada akhirnya diharapkan dapat memahami materi DNA rekombinan sebagai gambaran prinsip dari bioteknologi modern. Materi penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mata kuliah bioteknologi yang meliputi 17 topik pembelajaran seperti diuraikan di bawah ini. Beberapa topik pembelajaran diberikan dalam satu kali pertemuan.

Tabel 3.1 Fokus pembelajaran berbasis bioinformatika

No.	Topik	Fokus pembelajaran
1	DNA	Pasangan basa DNA, sifat anti-pararel benang ganda DNA, komplementari benang DNA
2	Transkripsi	Pasangan basa RNA, transkripsi, benang sense dan anti-sense
3	Kode genetik	mRNA, translasi asam amino
4	kodon/Anti-kodon	mRNA, translasi, kodon and anti-kodon
5	Intron	intron, sekuen non-koding
6	Ekson	exon, sekuen koding
7	Gen	koding dan non-koding, mRNA, ekson, intron, <i>start</i> kodon, <i>stop</i> kodon
8	Genom prokariot	lokus gen
9	Genom eukariot	lokus gen
10	Struktur gen prokariot	Monocistronik dan polycistronik
11	Struktur gen eukariot	Monocistronik
12	Ensim restriksi	Sisi pengenalan ensim restriksi
13	Primer	Disain primer dan perannya pada proses PCR
14	PCR	Proses PCR dan analisis hasil PCR
15	Vektor	Vektor kloning
16	Vektor	Vektor ekspresi
17	DNA rekombinan	DNA rekombinan

Tujuan proses pembelajaran ini adalah agar pada akhir perkuliahan mahasiswa dapat memahami konsep DNA rekombinan. Oleh karena itu urutan perkuliahan

dilakukan sesuai dengan urutan pada tabel di atas. Topik nomor 1 – 11 merupakan kelompok topik 1 yaitu konsep-konsep dasar pada penelitian ini, topik nomor 12 - 16 merupakan kelompok topik 2 yaitu topik-topik pada teknik-teknik rekayasa genetika yang mengaplikasikan konsep-konsep dasar. Hasil pembelajaran pada kelompok 1 dan 2 diharapkan dapat memberikan gambaran pada mahasiswa untuk dapat memahami topik nomor 17 yaitu DNA rekombinan.



Gambar 3. 2 Jenjang topik-topik pembelajaran

3.5 Prosedur Penelitian

Proses pembelajaran berbasis bioinformatika ini menggunakan serangkaian pengajaran konstruktivist yang dikembangkan oleh Driven (1989) dan Driven & Oldvam (1985) dalam Franke *et al.*, (2013). Adapun prosedur penelitian meliputi 4 phase penelitian sebagai berikut:

3.5.1 Phase orientasi

Pada phase ini akan dilakukan identifikasi pemahaman konsep mahasiswa terhadap beberapa topik yang terdapat dalam mata kuliah bioteknologi. Untuk mendapatkan data ini maka pada penelitian ini akan digunakan pre-test yang berupa pemberian instrumen pertanyaan isian/essay yang bisa menggali pola pemikiran setiap mahasiswa pada setiap konsep. Instrumen ini akan memberikan gambaran untuk mengetahui kedalaman pengetahuan awal mahasiswa terhadap suatu konsep, pemahaman apa yang sudah diketahui oleh mahasiswa, apakah terdapat miskonsepsi pada pemahaman siswa atau apakah pemahaman tersebut belum sampai kepada siswa.

3.5.2 Phase Discovery

Berdasarkan hasil phase orientasi selanjutnya dapat ditentukan konsep-konsep yang akan dilibatkan pada penelitian ini. Sesuai dengan tingkat kesulitannya, maka dilakukan pengurutan konsep-konsep dari konsep yang paling sederhana sampai konsep yang paling *advance*. Pada penelitian ini phase *discovery* membagi konsep biologi molekuler menjadi 3 kajian, yaitu kelompok 1 merupakan topik-topik yang termasuk ke dalam konsep biologi molekuler dasar, kelompok 2 merupakan topik-topik yang termasuk ke dalam teknik-teknik rekayasa genetika, sedangkan kelompok 3 hanya terdiri dari 1 topik kajian yaitu DNA rekombinan. Topik DNA rekombinan ini merupakan salah satu konsep yang ingin digali dari mahasiswa setelah mereka mengalami proses pembelajaran pada kelompok 1 dan 2.

3.5.3 Phase Restrukturisasi Ide-Ide

Pada phase ini akan dilakukan proses pembelajaran melalui representasi multipel bioinformatika pada beberapa konsep yang terdapat dalam satuan acara perkuliahan bioteknologi yang meliputi konsep genetik (molekuler) terdiri dari DNA, transkripsi dan kode genetik, kodon/anti-kodon, intron, ekson, gen, kromosom, alel gen, struktur gen, enzim restriksi, *primer*, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), DNA rekombinan. Hasil phase restrukturisasi ini diharapkan

siswa akan memperoleh wawasan pada konsep biologi molekuler dasar dan dapat melakukan klarifikasi maupun melakukan koreksi (*in conflict with*) terhadap pemahaman konsep-konsep terkait sebelumnya yang mereka pegang.

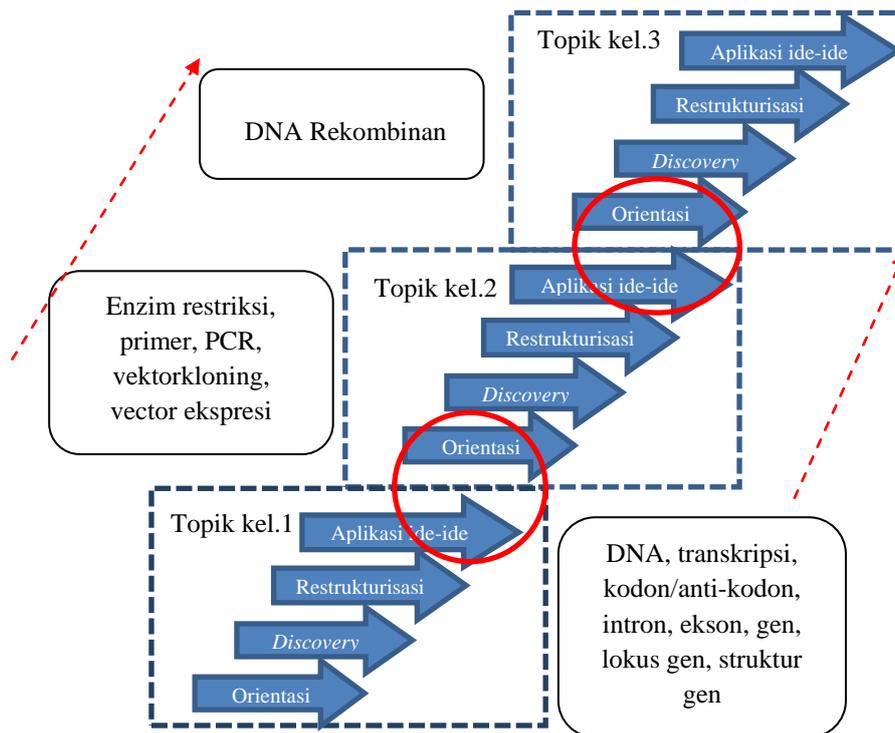
Pada phase pembelajaran berbasis bioinformatika ini menggunakan pendekatan pedagogi *Problem Spaces*. *Problem spaces* merupakan pendekatan pedagogi yang dikembangkan oleh BEDROCK, meliputi penggabungan satu atau lebih pertanyaan mendasar biologi dengan *tools* analitik dan set data yang banyak sehingga dapat memberikan siswa kesempatan untuk mengeksplorasi secara bebas dalam framework yang jelas. *Problem spaces* pada penelitian ini akan melibatkan komponen-komponen dalam prinsip biologi yaitu *tools* analitik, *tools* visualisasi molekuler, dan *retrival* set data seperti basa nukelotida, data genomik, data cDNA dan data asam amino (Jungck *et al.*, 2010).

3.5.4 Phase Aplikasi Ide-Ide

Setelah mengalami phase; orientasi, *discovery*, restrukturisasi, tahapan selanjutnya dari strategi pembelajaran konstruktivist adalah phase aplikasi ide-ide. Pada phase ini mahasiswa akan menggunakan hasil proses pembelajaran dan akan menggunakannya untuk memahami konsep berikutnya. Seperti diuraikan di atas bahwa topik pembelajaran yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 kelompok dengan urutan dari mulai yang sederhana sampai ke jenjang yang paling *advance*.

Pembelajaran sains merupakan pembelajaran yang berkesinambungan. Urutan pembelajaran disusun sedemikian rupa sehingga urutan pertama akan menjadi pijakan bagi urutan kedua dan begitu seterusnya. Oleh karena itu berdasarkan uraian phase-phase pembelajaran di atas, maka pengelompokkan topik-topik dalam pembelajaran berbasis bioinformatika ini dapat digambarkan menjadi suatu siklus yang saling berhubungan. Phase akhir (*aplikasi*) dari proses pembelajaran topik kelompok 1 (DNA, transkripsi, kodon/anti-kodon, intron, ekson, gen, lokus gen, struktur gen) menjadi landasan pemahaman bagi mahasiswa dalam mengikuti proses pembelajaran topik kelompok 2 (Enzim restriksi, primer, PCR, vektor kloning, vektor ekspresi) Begitu pula dari phase

akhir (aplikasi ide-ide) proses pembelajaran topik kelompok 2 menjadi bahan orientasi mahasiswa untuk memahami topik kelompok 3 (DNA Rekombinan). Setiap siklus pada proses pembelajaran ini menjadi saling berkesinambungan seperti digambarkan pada gambar 3.3.

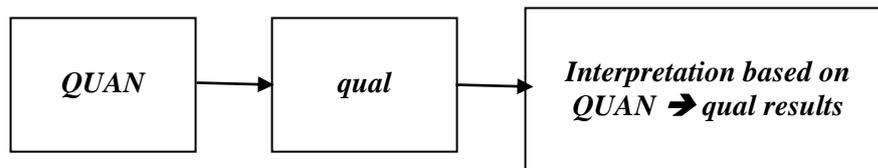


Gambar 3.3 Siklus konstruktivis pembelajaran berbasis bioinformatika

3.5 Disain Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan pengetahuan mahasiswa setelah mengalami pembelajaran serta bagaimana sistem perubahannya dan perubahan apa yang akan dihasilkannya. Oleh karena itu disain penelitian ini menggunakan metode *mixed method* dengan *disain Eksplanatori*. *Mixed method* merupakan metode kombinasi yang menyertakan data kuantitatif dan kualitatif. Tujuannya agar data kuantitatif dapat membantu menjelaskan atau memberikan dasar bagi hasil kualitatif (Creswell, Plano Clark *et al.*, 2003). Data kuantitatif

yang dihasilkan pada penelitian ini hanya untuk memberikan gambaran pemahaman mahasiswa secara umum pada setiap topik pembelajaran. Data kualitatif diperlukan untuk menguraikan lebih detail lagi variasi pemahaman yang terjadi pada setiap mahasiswa pada setiap topik pembelajaran. Adapun bagan disain penelitian secara eksplanatori dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.4 Disain penelitian *mixed method explanatory*

Sumber data-data kualitatif pada penelitian ini diperoleh dari variasi pemahaman mahasiswa pada *pre* dan *post-test*. Data-data kualitatif tersebut selanjutnya diklasifikasikan menjadi beberapa katagori dan selanjutnya berdasarkan klasifikasi ini dilakukan penghitungan prosentasenya sehingga diperoleh data kuantitatif. Selanjutnya data kuantitatif *pre* dan *post-test* dibandingkan dan diklasifikasikan kembali secara kualitatif menggunakan katagori yang dikembangkan sendiri. Selanjutnya dilakukan analisis perubahan katagori data *pre* dan *post-test* secara kualitatif dengan menggunakan klasifikasi level *conceptual change*. Hasil klasifikasi ini kemudian diprosentasekan sehingga diperoleh data kuantitatif yang akan menunjukkan pengaruh proses pembelajaran yang telah dialami mahasiswa. Hasil analisis kuantitatif ini memperkuat data kualitatif dari variasi pemahaman mahasiswa.

3.6 Instrumen

Pada penelitian ini digunakan beberapa instrumen, yaitu *pre-test*, *post-test* dan buku lembar kerja mahasiswa yang sudah dilakukan validasi oleh para ahli yang kompeten dibidang bioteknologi, bioinformatika dan biologi molekuler. Pengambilan data *pre-test* dan *post-test* dilakukan pada setiap topik pembelajaran,

sehingga pada penelitian akan diperoleh 17 data respon *pre* dan *post-test* mahasiswa. Beberapa pertanyaan yang diajukan dalam *pre* dan *post-test* merupakan pertanyaan yang sama dengan menggunakan tipe pertanyaan essay yang meminta mahasiswa untuk menjawab dalam bentuk tulisan atau gambar. Berdasarkan jawaban tersebut diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran konsepsi awal dan akhir mahasiswa terhadap konsep-konsep yang ditanyakan. Pertanyaan-pertanyaan dalam *pre/post-test* sebagian besar merupakan pertanyaan yang saling berhubungan antara materi satu dengan materi berikutnya. Hal ini dimaksudkan untuk memancing mahasiswa terhadap dampak pembelajaran sebelumnya agar bisa dikaitkan dengan materi berikutnya yang lebih kompleks. Oleh karena itu sesuai dengan Smith (2008) bahwa perlu dibuat tabel pola distribusi soal-soal yang digunakan dalam instrumen yang berhubungan dengan konsep-konsep yang terdapat dalam fokus subyek penelitian.

Instrumen buku latihan kerja yang dikembangkan pada penelitian ini berisi materi-materi yang terdiri dari sub-materi-sub-materi yang dirancang sesuai dengan kaidah pembelajaran yaitu dimulai dari yang sederhana – rumit – aplikasi. Pada buku latihan kerja ini, mahasiswa diperkenalkan dan diajak menggunakan berbagai program bioinformatika baik yang bersifat *online* maupun *off-line* untuk mengasah kemampuan mahasiswa serta memperdalam pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep terkait. Pada buku latihan kerja ini juga pada setiap materi dan sub-materi disajikan latihan-latihan pembelajaran biologi molekuler berbasis bioinformatika, sehingga mahasiswa dapat lebih menguatkan pemahamannya terhadap konsep-konsep terkait.

3.7 Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan 2 tahapan analisis data yaitu analisis karakteristik representasi multipel bioinformatika dan analisis re-representasi serta assessmen *conceptual change* yang terjadi pada mahasiswa.

3.7.1 Karakteristik Representasi Multipel Bioinformatika

Pada penelitian ini karakteristik representasi multipel (MERs) bioinformatika dianalisis dan dikelompokkan menjadi tipe-tipe MERs bioinformatik yang sesuai dengan karakteristik MERS dari Wu & Putambekar (2012). MERs dikelompokkan menjadi 4 tipe representasi dan proses ilmiah yang terjadi serta dampaknya pada pebelajar.

Tabel 3.2 Representasi multipel, proses ilmiah dan dampaknya pada pebelajar
(Wu & Putambekar, 2012)

Tipe	Contoh representasi	Proses ilmiah	Dampak bagi pebelajar
<i>Verbal-textual</i>	Metafor, proposisi oral, tulisan	<ul style="list-style-type: none"> - Mengajukan pertanyaan - Mengkonstruksi penjelasan - Evaluasi informasi 	<ul style="list-style-type: none"> - menghasilkan & menyajikan pertanyaan - merumuskan penjelasan - mengembangkan kriteria untuk mengkonfirmasi penjelasan - menginterpretasikan bukti
<i>Symbolic-mathematical</i>	Persamaan, rumus, struktur	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis & interpretasi data - Mengkonstruksi dan menjelaskan 	<ul style="list-style-type: none"> - menganalisis data & menginterpretasikan dampak visualisasi dan representasi penemuan - mengatur informasi kuantitatif - merumuskan penjelasan hasil
<i>Visual graphical</i>	Animasi, simulasi, diagram, grafik, tabel	<ul style="list-style-type: none"> - merencanakan & melakukan penelitian - Menganalisis & interpretasi data - Mengkonstruksi & menjelaskan 	<ul style="list-style-type: none"> - melakukan penelitian dengan mengubah variable/manipulasi - mengidentifikasi eror - mengidentifikasi data menggunakan diagram, grafik dan vektor - visualisasi hubungan antara variable
<i>Actional-operational</i>	Demonstration, gestur, manipulatif, model	<ul style="list-style-type: none"> - Merencanakan & melakukan penelitian 	<ul style="list-style-type: none"> - merancang & melakukan penelitian dalam konteks nyata - mengalami & memanipulasi phenomena dengan ukuran & data yang ada

3.7.2 Assessmen *Conceptual Change*

Assessmen conceptual change yang umum digunakan adalah dengan menggunakan tipe pertanyaan benar/salah, benar/salah dengan alasan dan pilihan ganda. Semua tipe pertanyaan yang digunakan merupakan hasil survey pada berbagai sekolah maupun universitas sehingga pertanyaan-pertanyaan yang

digunakan dapat menggali semua konsep yang sulit dengan berbagai miskonsepsi yang terkandung didalamnya. Seperti pada *Genetic Literacy Assessment* (GLA), *Genetic Concept Assessment* (GCA), *Biology Concept Inventory* (BCI), *Host-Pathogen Concept Inventory* (HCI) dan *Inventory of Natural Selection* (Tanner & Allan, 2005; Bowling *et al.*, 2008, Marbach-Ad *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2008; Smith & Knight, 2010; Anderson, 2002).

Menurut Smith (2008) tipe pertanyaan benar/salah, benar/salah dengan alasan dan pilihan ganda tidak dapat menggali variasi pemahaman yang ada pada pebelajar. Hewson (1992) melakukan *conceptual change* dengan cara memberikan 3 kategori yaitu; *extinction*, *exchange* dan *extension*. *Extinction* diberikan bagi pebelajar yang mampu membuang pemahaman lama menjadi pemahaman baru, *exchange* diberikan bagi pebelajar yang mampu mengubah pemahamannya menjadi pemahaman baru dan *extension* diberikan bagi pebelajar yang mampu menambah pemahamannya. Namun demikian bagaimana melakukan *conceptual change* tersebut tidak dijelaskan. *Assessment conceptual change* dengan menggunakan tipe pertanyaan isian digunakan oleh McDonal & Gomes (2013). Mereka melakukan *conceptual change* dengan cara memberikan skor pada jawaban pebelajar kemudian melakukan *identifier quality* menjadi 3 kategori; skor 1, untuk jawaban B (*blank*), I (*inaccurate*), V (*vague description*); skor 2 untuk jawaban L = *limited definition*, P = *partially correct*, N = *novice language used (but otherwise, accurate)*. Menurut mereka hasil *assessment* ini belum mampu memberikan penilaian *grading* pemahaman yang terjadi pada pebelajar. Berdasarkan *identifier quality* di atas dapat dilihat bahwa dalam *assessment* tersebut tidak ada perbedaan skor antara pebelajar yang tidak memberikan jawaban, jawaban salah maupun jawaban yang samar dan demikian juga halnya antara pebelajar yang memberikan jawaban yang terbatas, parsial, maupun jawaban yang akurat. *Assessment* tersebut tidak mampu menilai adanya perbedaan jawaban antara satu kategori dengan kategori lainnya, sehingga tidak dapat menunjukkan adanya variasi pemahaman yang terjadi pada pebelajar

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dikembangkan metode *assessment conceptual change* berbasis pertanyaan *essay* (*Conceptual Change Assessment*

Based On Essay Questions /CCABEQ) yang dapat mengungkapkan level capaian *conceptual change* pada mahasiswa. Adapun tahapan proses *assessment conceptual change* meliputi beberapa tahapan;

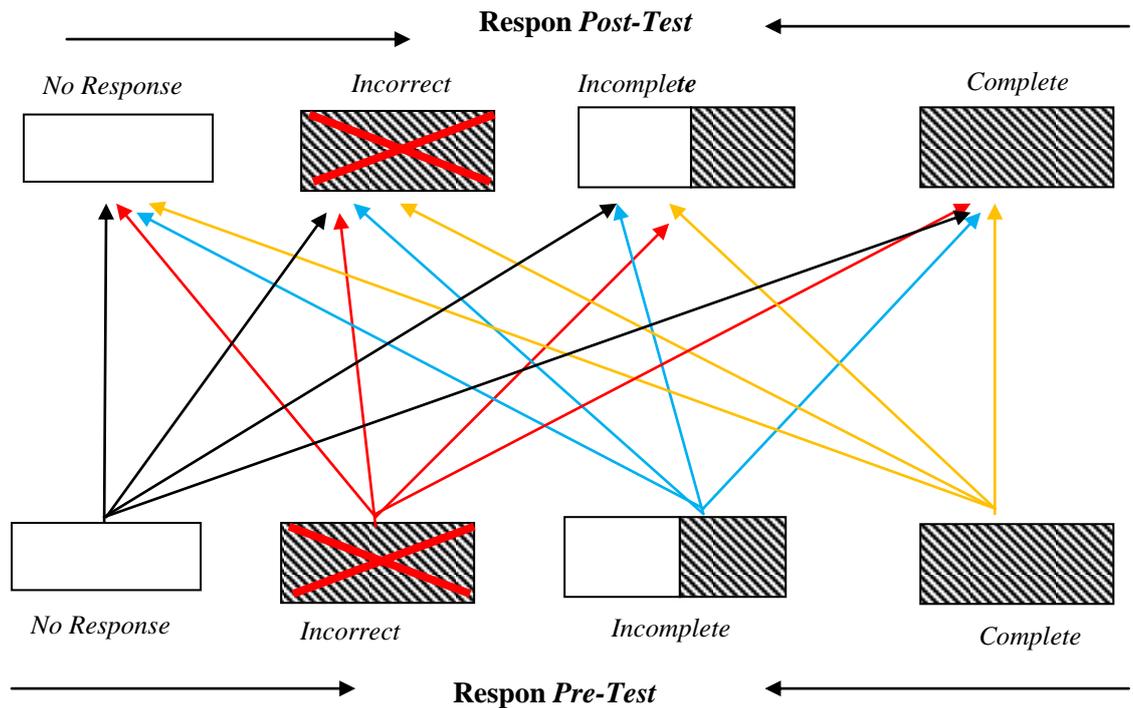
3.7.2.1 Katagori respon

Tipe pertanyaan yang digunakan sebagai instrumen pada *pre* dan *post-test* adalah pertanyaan berbentuk *essay*. Tipe pertanyaan ini dapat menggali semua variasi pemahaman yang ada pada mahasiswa, sehingga akan dapat menampung keragaman pemahaman yang ada. Katagori respon dilakukan dengan tujuan untuk merangkum semua variasi jawaban pada *pre* dan *post-test* mahasiswa untuk kemudian dikelompokkan berdasarkan tingkat jawabannya. Katagori respon *mahasiswa* dikelompokkan menjadi 4 katagori, yaitu ;

Tabel 3.3 Pengelompokkan katagori respon

Katagori	Deskripsi representasi
<i>No response (B)</i>	mahasiswa tidak memberikan jawaban apapun
<i>Incorrect (IN)</i>	mahasiswa mempunyai jawaban alternatif yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah
<i>Incomplete (NC)</i>	Mahasiswa mempunyai jawaban yang tidak lengkap
<i>Complete (C)</i>	Mahasiswa mempunyai jawaban yang benar dan komprehensif

Setiap individu mahasiswa mempunyai mekanisme internalisasi proses pembelajaran secara berbeda-beda. Hal ini tergantung pada pengetahuan awal masing-masing yang telah mereka pahami. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dipaparkan semua kemungkinan yang terjadi tingkat perubahan respon mahasiswa terhadap setiap topik pembelajaran yang dilibatkan dalam proses pembelajaran ini (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Kemungkinan perubahan katagori respon mahasiswa

Pemahaman awal mahasiswa terhadap suatu konsep bisa sama atau berbeda satu sama lain, demikian pula pemahaman akhir mahasiswa setelah mengalami proses pembelajaran. Pada pemahaman awal mahasiswa bisa berada pada katagori *no response*, *incorrect*, *incomplete* atau *complete*. Hal ini tergantung pada proses pembelajaran yang mahasiswa alami selama mereka sekolah di tingkat sebelumnya ataupun sekolah menengah atas. Pemahaman awal mahasiswa yang berbeda-beda tersebut dapat mempengaruhi proses pembelajaran, sehingga hasil penilaian pada akhir perkuliahan melalui *post-test* juga akan menghasilkan variasi katagori yang berbeda-beda. Secara lebih sederhana proses perubahan pemahaman mahasiswa dari *pre-test* ke *post-test* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Table 3.4 Proses perubahan pemahaman pada mahasiswa

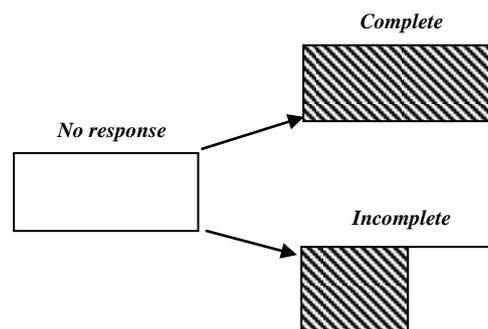
Individual	Pre-test	Post-test	Level conceptual change
Student 1	No Response (NR)	No Response (NR)	Static (S)
Student 2	No Response (NR)	Incorrect (IC)	Disorientation (D)
Student 3	No Response (NR)	Incomplete (IN)	Construction (Co)
Student 4	No Response (NR)	Complete (C)	Construction (Co)
Student 5	Incorrect (IC)	No Response (NR)	Disorientation (D)
Student 5	Incorrect (IC)	Incorrect (IN)	Static (S)
Student 6	Incorrect (IC)	Incomplete (IN)	Revision (R)
Student 7	Incorrect (IC)	Complete (C)	Revision (R)
Student 8	Incomplete (IN)	No Response (NR)	Disorientation (D)
Student 9	Incomplete (IN)	Incorrect (IC)	Disorientation (D)
Student 10	Incomplete (IN)	Incomplete (IN)	Static (S)
Student 11	Incomplete (IN)	Complete (C)	Complementation (Cp)
Student 12	Complete (C)	No Response (NR)	Disorientation (D)
Student 13	Complete (C)	Incorrect (IC)	Disorientation (D)
Student 14	Complete (C)	Incomplete (IN)	Disorientation (D)
Student 15	Complete (C)	Incorrect (IC)	Disorientation (D)
Student 16	Complete (C)	Complete (C)	Student knows the term from the beginning (no conceptual change) (K)

3.7.2.2 Klasifikasi Level Perubahan Konsep Pada Mahasiswa

Menurut Lappi (2013) bahwa pengalaman *conceptual change* dapat diamati sebagai sebuah proses transformasi dari beberapa pengetahuan awal menjadi pengetahuan akhir (mempunyai konsep yang baru). Oleh karena itu proses karakterisasi *conceptual change* memerlukan; (1) representasi awal, (2) representasi akhir dan (3) spesifikasi mekanisme proses pembelajaran yang telah memodifikasi perubahan. Proses pembelajaran ini menyebabkan pembelajar jadi mempunyai konsep-konsep yang sebelumnya tidak dimilikinya atau diketahuinya secara salah. Oleh karena itu perubahan tingkat jawaban mahasiswa pada *pre* dan

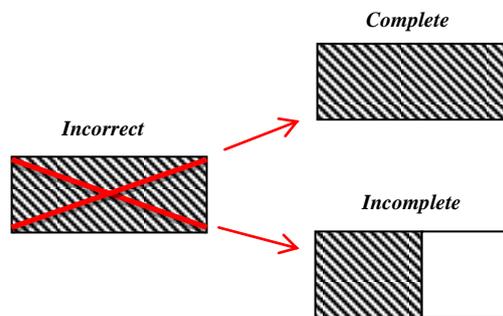
post-test sebagai perbandingan hasil proses pembelajaran tersebut pada penelitian ini, selanjutnya dilakukan analisis terhadap perubahan yang terjadi. Setelah mengalami proses pembelajaran, setiap mahasiswa akan mempunyai perubahan pemahaman yang berbeda-beda. Perubahan pemahaman yang terjadi ini dapat menghasilkan peningkatan pemahaman ke arah yang lebih baik, tidak mengalami perubahan pemahaman atau perubahan pemahaman ke arah yang lebih buruk dari pemahaman awalnya.

Pola perubahan pemahaman yang dapat dialami oleh setiap mahasiswa meliputi beberapa hal. Pertama, Level *construction*, level ini merupakan level perubahan pemahaman yang diberikan kepada mahasiswa apabila mahasiswa tersebut telah melakukan konstruksi pemahamannya dari tidak mempunyai jawaban apapun pada saat *pre-test* menjadi mempunyai pemahaman, baik yang tidak lengkap maupun lengkap. Hasil analisis ini bisa menginformasikan 3 hal penting yaitu: (1) konsep yang diberikan merupakan informasi baru bagi mahasiswa, (2) pengalaman pembelajaran yang dulu dialami mahasiswa pada konsep terkait tidak memberikan pembelajaran yang bermakna dan (3) proses pembelajaran yang telah berlangsung dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengkonstruksi pengetahuannya menjadi pengetahuan yang lebih baik, *incomplete*, maupun *complete*.



Gambar 3.6 Level perubahan konsep *construction*

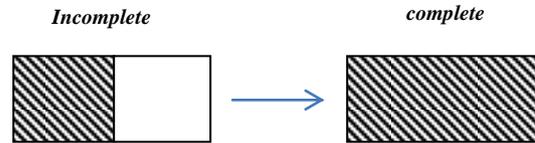
Kedua, Level *revision* merupakan level perubahan pemahaman yang diberikan kepada mahasiswa apabila mahasiswa tersebut telah melakukan perbaikan terhadap pemahamannya dari jawaban yang tidak sesuai kaidah ilmiah pada saat *pre-test* menjadi mempunyai pemahaman yang tidak lengkap maupun lengkap. Hasil analisis ini bisa menginformasikan 3 hal penting yaitu: (1) konsep yang diberikan merupakan konsep yang umum bagi mahasiswa, (2) pengalaman pembelajaran yang dulu dialami mahasiswa pada konsep terkait telah dipahami secara alternatif dan (3) proses pembelajaran yang berlangsung telah memberikan pengetahuan yang jelas sehingga mahasiswa mampu melakukan koreksi terhadap pemahaman alternatif yang telah mereka pahami selama ini.



Gambar 3.7 Level perubahan konsep *revision*

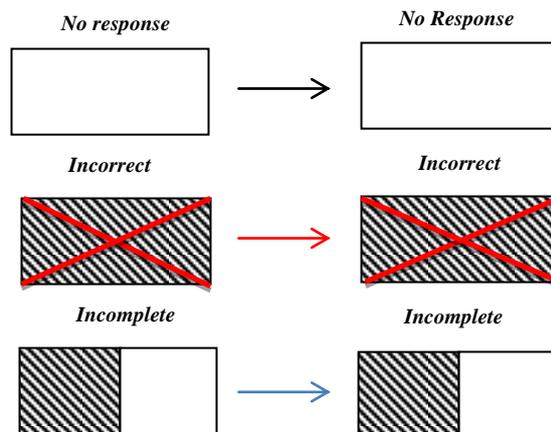
Ketiga, Level *complementation*, level ini merupakan level perubahan pemahaman yang diberikan kepada mahasiswa apabila mahasiswa tersebut telah melakukan peningkatan pemahamannya dari jawaban yang kurang lengkap pada saat *pre-test* menjadi mempunyai pemahaman lengkap. Hasil analisis ini bisa menginformasikan 3 hal penting yaitu: (1) konsep yang diberikan merupakan konsep yang umum bagi mahasiswa, (2) pengalaman pembelajaran yang dulu dialami mahasiswa pada konsep terkait telah dipahami secara tidak utuh dan (3) proses pembelajaran yang berlangsung telah mampu mengisi *gap-gap* pemahamannya yang selama ini belum dipahaminya serta mereka mampu

mengintegrasikannya dengan pemahaman awal sehingga menjadi pemahaman yang komprehensif.



Gambar 3.8 Level perubahan konsep *complementation*

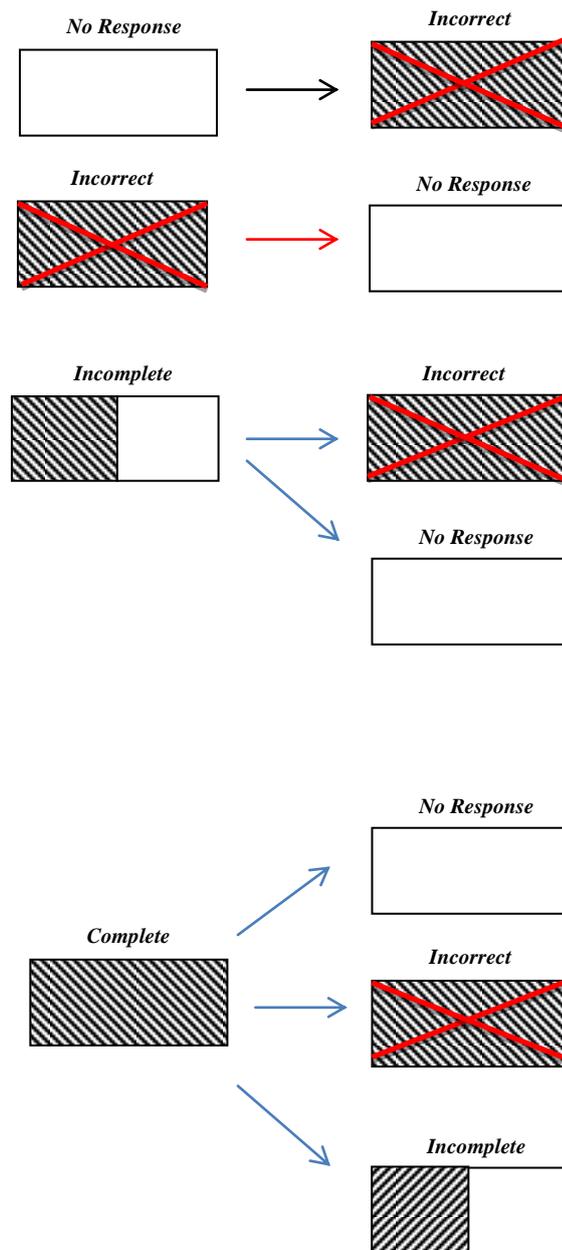
Keempat, Level *static*, level ini merupakan level pemahaman yang diberikan kepada mahasiswa apabila tidak terjadi perubahan pemahaman (*pre* dan *post-test*) pada mahasiswa setelah mengalami proses pembelajaran. Hasil analisis ini bisa menginformasikan 3 hal penting yaitu: (1) konsep yang diberikan merupakan konsep yang umum bagi mahasiswa, (2) pengalaman pembelajaran yang dulu dialami mahasiswa pada konsep terkait telah dipahami secara berbeda-beda, baik pemahaman alternatif maupun pemahaman yang tidak utuh dan (3) proses pembelajaran yang telah berlangsung tidak mampu memberikan peningkatan pemahaman yang berarti pada mahasiswa.



Gambar 3.9 Level perubahan konsep *Static*

Proses pembelajaran bagi sebagian mahasiswa bisa saja tidak memberikan pengaruh apapun dalam proses memahami suatu konsep. Hal ini bisa dilihat pada gambar di atas kemungkinan pengaruh yang terjadi setelah proses pembelajaran. Jenis pengetahuan awal bagi sebagian mahasiswa bisa saja belum memahami apapun terhadap suatu konsep namun setelah mengalami proses pembelajaran, mahasiswa tersebut tetap tidak bisa menuliskan pemahamannya. Sementara itu mungkin saja ada sebagian mahasiswa yang tadinya mempunyai pemahaman yang masih belum utuh namun ketika proses pembelajaran tetap tidak bisa mengintegrasikan bagian-bagian penting dari suatu konsep menjadi konsep yang utuh sehingga setelah proses pembelajaran, mahasiswa tersebut masih tetap memahami konsep secara terfragmentasi. Disisi lain ada juga mahasiswa yang pada awalnya memegang konsep alternatif namun setelah proses pembelajaran tetap saja masih memegang konsep alternatif tersebut. Proses analisis ini dapat memberikan gambaran bagi para pendidik untuk melakukan inovasi-inovasi pada sistem pembelajaran yang dikembangkannya.

Kelima, Level *disorientation*, level ini merupakan level pemahaman yang diberikan kepada mahasiswa apabila perubahan pemahaman yang terjadi pada mahasiswa merupakan perubahan ke arah pemahaman yang lebih buruk. Hasil analisis ini dapat menunjukkan 3 hal penting yaitu: (1) konsep yang diberikan merupakan konsep yang umum bagi mahasiswa, (2) pengalaman pembelajaran yang dulu dialami mahasiswa pada konsep terkait telah dipahami secara alternatif dan (3) proses pembelajaran yang telah berlangsung telah mengakibatkan kebingungan bagi mahasiswa dalam memahami konsep terkait.



Gambar 3.10 Level perubahan konsep *Disorientation*

Pada penelitian ini juga ditemukan respon mahasiswa pada *pre* dan *post-test* yang menunjukkan pemahaman yang sudah benar secara kaidah ilmiah yang dikategorikan sebagai *Student Knows The Term Correctly from the beginning*. Jenis respon ini tidak diikuti dalam proses klasifikasi level *conceptual change*,

namun tetap diikutkan dalam proses analisis prosentase jenis katagori respon. Hal ini dilakukan untuk memperoleh gambaran proses pembelajaran yang dialami mahasiswa pada saat semester sebelumnya atau saat mereka di tingkat sekolah menengah atas. Hasil analisis ini dapat menunjukkan 2 hal penting yaitu; (1) konsep yang diberikan merupakan konsep yang telah dipelajari sebelumnya dan (2) pengalaman pembelajaran yang dulu dialami mahasiswa merupakan pembelajaran yang bermakna sehingga konsep tersebut dipahami mahasiswa dalam jangka waktu yang lama.



Gambar 3.11 *Student Knows The Term Correctly from the beginning*

Menurut Lappi (2013) tidak ada satu mekanisme pembelajaran tunggal yang bertanggungjawab untuk semua variasi pada level *conceptual change*. Karakterisasi mekanisme pembelajaran yang terlibat dalam *conceptual change* tergantung pada jenis spesifik cara mereorganisasi pengetahuannya. Berdasarkan uraian di atas maka dapat dibuat tabel yang lebih sederhana dalam menilai level perubahan pemahaman konsep yang terjadi pada setiap mahasiswa.

Tabel 3.5 Klasifikasi level *conceptual change*

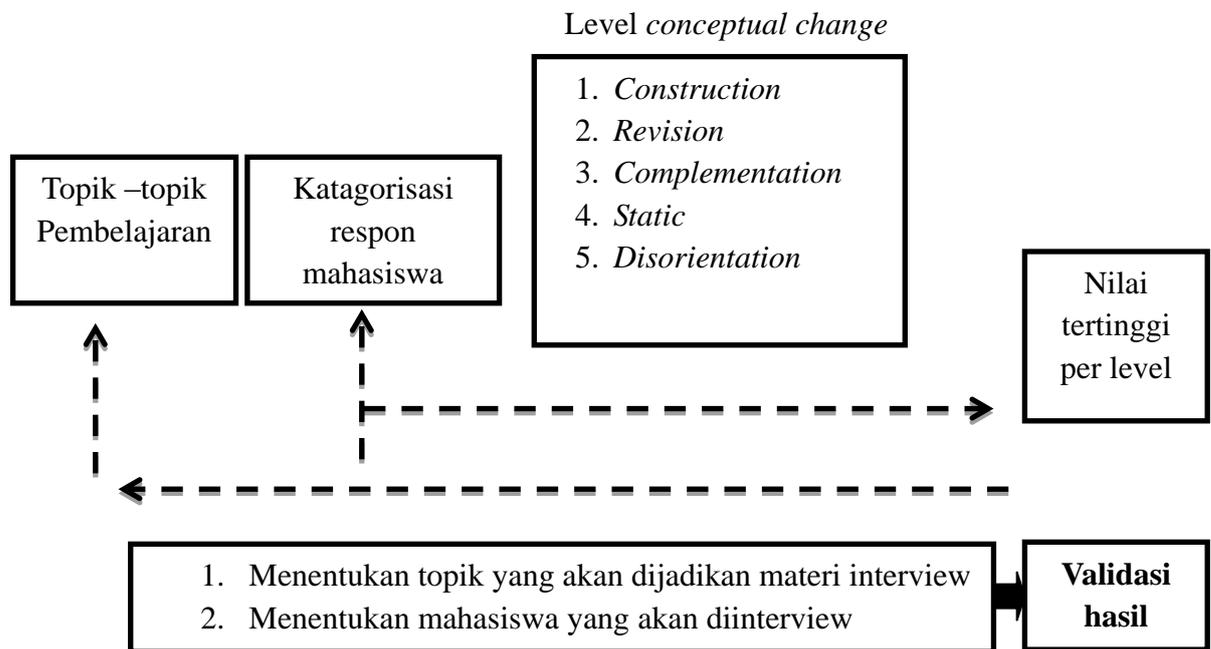
Level	Interpretasi level
<i>Construction</i> (Co)	Mahasiswa mampu melakukan konstruksi pengetahuan
<i>Revision</i> (R)	Mahasiswa mampu melakukan revisi terhadap pemahamannya
<i>Complementation</i> (Cp)	Mahasiswa mampu mengintegrasikan pengetahuan yang baru dengan pengetahuan awalnya menjadi pengetahuan yang komprehensif.
<i>Static</i> (S)	Mahasiswa tidak dapat merubahan pemahaman yang ada menjadi pemahaman yang lebih baik
<i>Disorientation</i> (D)	Mahasiswa mengalami perubahan pemahaman ke

	arah pemahaman yang lebih buruk dari pemahaman awalnya
--	--

Berdasarkan hasil klasifikasi *conceptual change* yang terjadi pada mahasiswa di atas, selanjutnya dapat dilakukan penilaian terhadap proses pembelajaran yang telah berlangsung yang telah dialami oleh mahasiswa. Pada penelitian ini, digunakan definisi *conceptual change* yang merupakan proses perubahan pemahaman mahasiswa terhadap suatu konsep ke arah yang lebih baik sesuai dengan kaidah ilmiah (Vanasdou, 2004 dalam Chi *et al.*, 2008). Level *Construction*, *Revision*, *Complementation*, *static* dan *disorientation* hasil assessmen ini dapat menggambarkan semua level perubahan pemahaman yang terjadi pada setiap mahasiswa.

3.7.2.3 Validitas melalui interview

Proses interview merupakan proses terakhir yang dilakukan pada penelitian kualitatif ini yang bertujuan untuk memperoleh validasi dari mahasiswa yang terlibat dalam proses penilaian *conceptual change*. Konfirmasi hasil assessmen penelitian ini divalidasi dengan melakukan proses interview. Untuk melakukan proses interview ini, pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan tahapan awal analisis data sampai akhir proses penilaian capaian proses pembelajaran yang terjadi pada setiap mahasiswa. Sehingga pada akhirnya dapat ditentukan mahasiswa-mahasiswa mana saja yang bisa dijadikan responden pada tahapan interview serta konsep-konsep mana saja yang memerlukan konfirmasi pada tahapan interview. Berikut adalah alur dalam menentukan mahasiswa serta konsep yang terpilih untuk dikonfirmasi melalui proses interview (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Bagan alir proses pemilihan konsep dan mahasiswa terpilih untuk proses interview

Analisis transkrip interview dilakukan dengan menggunakan metode Burnard (1991). Pada metode ini dilakukan katagorisasi kata-kata positif dan kata –kata negatif yang ada dalam data hasil wawancara pada setiap topik yang ditanyakan.

