

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

Penelitian terkait digunakan sebagai dasar untuk mengetahui perkembangan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan implementasi *Outcome-Based Education* (OBE), pengukuran Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL), sistem informasi akademik berbasis web, *dashboard monitoring*, serta pengujian sistem. Kajian penelitian terkait juga digunakan untuk menunjukkan posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Secara umum, penelitian sebelumnya telah banyak membahas pengembangan sistem informasi untuk membantu implementasi OBE. Kushari dan Septiadi mengembangkan sistem informasi *learning outcome assessment* untuk membantu penerapan OBE melalui proses pengelolaan dan monitoring capaian pembelajaran [11]. Herlambang dkk. mengembangkan sistem evaluasi OBE program studi dan pengukuran CPL mahasiswa berbasis web yang mampu mendukung pengelolaan data CPL secara sistematis [10]. Selain itu, Wahyudi dan Heksaputra mengembangkan aplikasi penilaian OBE berbasis *website* menggunakan metode *waterfall* yang dapat digunakan sesuai kebutuhan kurikulum OBE [15].

Penelitian lain juga berfokus pada visualisasi dan *monitoring* ketercapaian CPL. Zakyrafi dan Saptadi mengusulkan rancangan *dashboard* portofolio penilaian CPL berbasis OBE untuk membantu menampilkan data ketercapaian CPL secara lebih mudah dipahami [20]. Rumbajan dkk. menjelaskan bahwa *monitoring* CPL berbasis OBE dapat dilakukan melalui aplikasi yang menampilkan hubungan antara CPL, mata kuliah, CPMK, Sub-CPMK, bobot kontribusi, dan grafik capaian [21]. Hal ini menunjukkan bahwa visualisasi data menjadi bagian penting dalam proses evaluasi kurikulum berbasis OBE.

Selain pengembangan sistem dan *dashboard*, terdapat pula penelitian yang membahas pengukuran CLO/PLO atau CPMK/CPL secara otomatis. Zayani dkk. mengusulkan *framework* otomatis untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi pengukuran CLO dan PLO [8]. Derouich membahas keselarasan antara CLO dan PLO melalui pendekatan sistematis agar evaluasi kurikulum berbasis OBE menjadi lebih konsisten [7]. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengukuran capaian pembelajaran membutuhkan alur perhitungan yang jelas, terstruktur, dan dapat ditelusuri.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, sebagian besar penelitian berfokus pada pengembangan sistem informasi, *dashboard monitoring*, pemetaan capaian pembelajaran, atau evaluasi implementasi OBE. Namun, penelitian yang secara khusus menekankan implementasi algoritma perhitungan ketercapaian CPL secara terstruktur ke dalam sistem berbasis web masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada implementasi algoritma perhitungan Capaian

Pembelajaran Lulusan (CPL) kurikulum *Outcome-Based Education* (OBE) berbasis web. Fokus penelitian diarahkan pada proses pengolahan nilai mahasiswa, pemetaan CPMK terhadap CPL, perhitungan ketercapaian CPL menggunakan rata-rata tertimbang, serta evaluasi akurasi dan validitas hasil perhitungan.

Tabel 1 Penelitian Terkait

No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
1	Adliansyah Rifqi, 2024	Judul : Pengembangan Sistem Visualisasi Capaian Pembelajaran Lulusan Dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah Di Jurusan Ilmu Komputer Metode : <i>Rapid Application Development</i> (RAD) Software : Laravel Hasil : Penelitian ini akan menghasilkan sistem berbasis website yang memvisualisasikan Capaian Pembelajaran Lulusan dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah serta pemetaan profil lulusan berdasarkan profil lulusan Jurusan ilmu Komputer
2	Hilal Naufal, 2025	Judul : Sistem Penilaian Berbasis OBE (Outcome-Based Education) Modul Pemetaan Nilai Ke Capaian Pembelajaran Lulusan Dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah Metode : <i>Rapid Application Development</i> (RAD) Software : - Hasil : Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi berhasil dikembangkan untuk mendukung pemetaan nilai terhadap capaian pembelajaran lulusan dan mata kuliah. Keberhasilan ini dibuktikan melalui pengujian dengan metode Black Box Testing,

No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
		yang menunjukkan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sebagaimana mestinya.
3	Bintoro, dkk., 2026	Judul : Evaluasi Capaian Pembelajaran Lulusan melalui Sistem Informasi CPL Berbasis OBE Metode : Prototype Software : - Hasil : Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas lulusan telah mencapai CPL yang ditetapkan, dengan rata-rata IPK sebesar 3,5, capaian aspek pengetahuan sebesar 87%, keterampilan sebesar 82%, dan sikap profesional sebesar 93%. Sistem informasi yang dikembangkan mampu menyajikan data ketercapaian CPL secara terintegrasi, real-time, dan mendukung kebutuhan evaluasi mutu serta akreditasi.
4	Wahyudi & Heksaputra, 2023	Judul : Pengembangan Aplikasi Penilaian Outcome-Based Education (OBE) Berbasis Website Dengan Metode Waterfall Metode : Waterfall Software : - Hasil : Hasil dari penelitian ini berupa aplikasi penilaian berbasis website yang dapat digunakan sesuai fungsinya berdasarkan kurikulum OBE
5	Kushari & Septiadi, 2022	Judul : A Learning Outcome Assessment Information System to Facilitate Outcome-Based Education (OBE) Implementation Metode : System Development Research Software : - Hasil : Penelitian menghasilkan sistem informasi assessment learning outcome berbasis web yang mampu membantu monitoring ketercapaian CPL serta

No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
		mendukung evaluasi kurikulum berbasis OBE.
6	Izhari, 2024	Judul : Development of an Adaptive Curriculum Based on Outcome-Based Education Metode : Curriculum Development Research Software : - Hasil : Penelitian menghasilkan kurikulum adaptif berbasis OBE yang mampu meningkatkan alignment CPL dan CPMK dalam program studi IT
7	Zakyrafi & Saptadi, 2023	Judul : Usulan Perancangan Dashboard Portofolio Penilaian CPL Berbasis OBE (Outcome-Based Education) Di Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro Metode : System Design Software : Dashboard System (Excel/BI Tools) Hasil : Dashboard membantu visualisasi ketercapaian CPL menggunakan pendekatan direct dan indirect assessment.
8	Herlambang dkk., 2023	Judul : Sistem Evaluasi OBE Prodi Dan Pengukuran CPL Mahasiswa Metode : Prototype Software : Web Based System Hasil : Sistem mampu mengukur ketercapaian CPL mahasiswa secara sistematis dan terintegrasi.
9	Ishaq dkk., 2023	Judul : Aplikasi Probe Untuk Penilaian Capaian Pembelajaran Mahasiswa Pada Kurikulum OBE(Outcome-Based Education) Metode : Prototype Software : Web Application

No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
		Hasil : Aplikasi membantu pengukuran CPL mahasiswa serta pengelolaan data kurikulum berbasis OBE.
10	Hardianto dkk., 2024	Judul : Implementasi Metode PIECES Pada Perancangan Sistem Outcome-Based Education(OBE) Metode : PIECES Software : Web System Hasil : Sistem meningkatkan efisiensi pengelolaan data CPL
11	Siregar, 2024	Judul : Analysis of Learning Assessment Suitability with Learning Outcomes in the Implementation of Outcome-Based Education (OBE) Curriculum Metode : Mixed Method Software : Statistical Tools Hasil : terdapat hubungan signifikan antara metode penilaian dan ketercapaian CPL.
12	Asmi dkk., 2024	Judul : Review of the curriculum of the OBE (Outcome-Based Education) health study program Metode : Literature Review Software : - Hasil : OBE meningkatkan kualitas lulusan
13	Yulherniwati dkk., 2025	Judul : Black Box Testing pada Sistem Evaluasi Capaian Pembelajaran Berdasarkan Outcome-Based Education Metode : Black Box Testing Software : Web Evaluation System Hasil : Sistem evaluasi CPL berbasis OBE berhasil diuji secara fungsional dan mampu

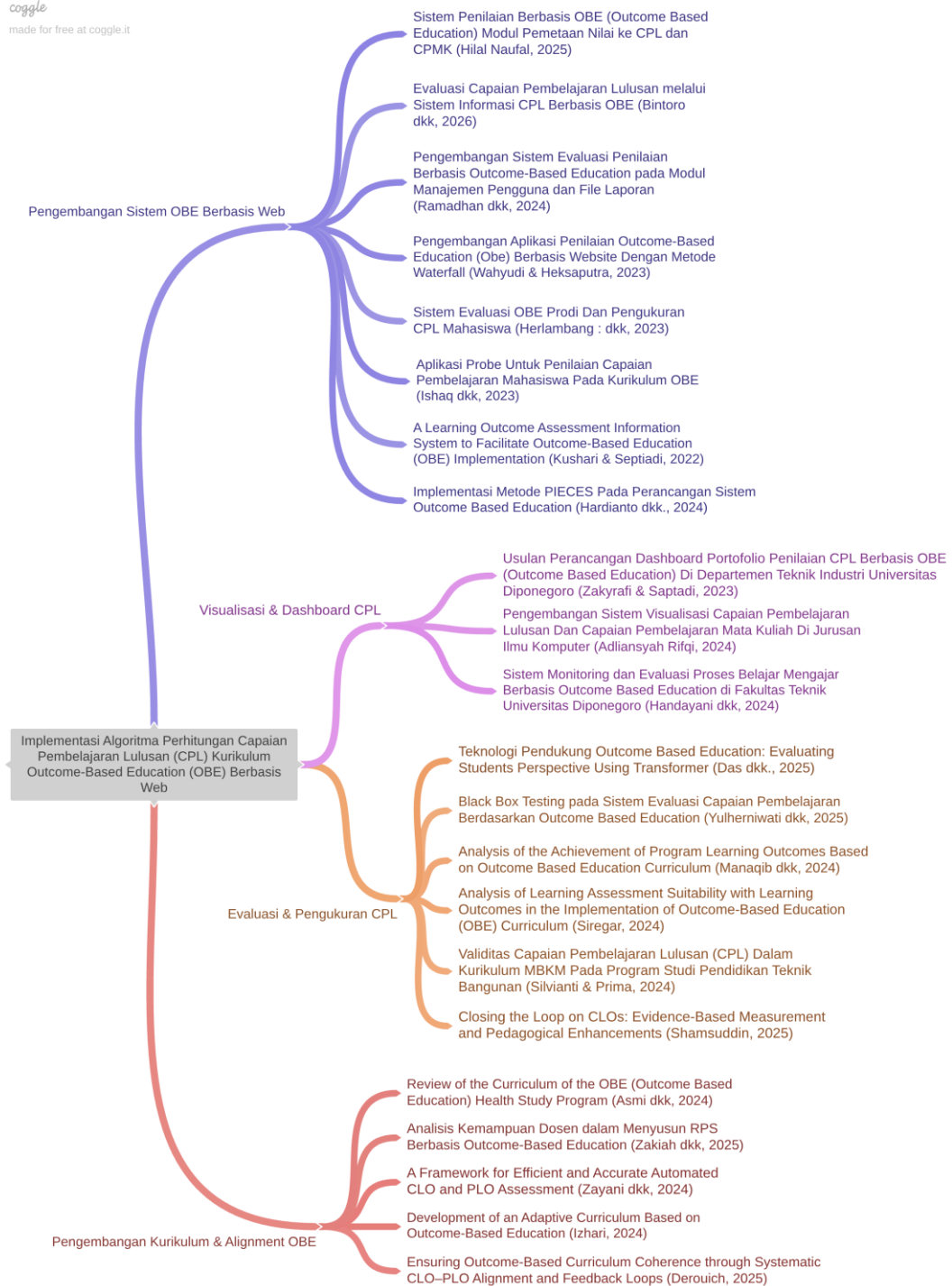
No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
		memastikan kualitas sistem pengukuran ketercapaian CPL.
14	Manaqib dkk., 2024	Judul : Analysis of the Achievement of Program Learning Outcomes Based on Outcome-Based Education Curriculum Metode : Quantitative Research Software : - Hasil : Evaluasi CPL dapat digunakan sebagai dasar peningkatan mutu pembelajaran dan standar akreditasi program studi.
15	Silvianti & Prima, 2024	Judul : Validitas capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) Dalam Kurikulum MBKM Pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Metode : Research and Development(R&D) Software : - Hasil : Validasi CPL menunjukkan kesesuaian tinggi dengan kebutuhan industri dan standar pendidikan tinggi.
16	Das dkk., 2025	Judul : Outcome-Based Education: Evaluating Students Perspective Using Transformer Metode : Machine Learning Research Software : Python NLP Hasil : Model NLP mampu membantu analisis evaluasi pembelajaran OBE melalui data feedback mahasiswa.
17	Derouich, 2025	Judul : Ensuring Outcome-Based Curriculum Coherence through Systematic CLO–PLO Alignment and Feedback Loops Metode : Quantitative Framework Software : -

No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
		Hasil : Model matematis alignment CLO dan PLO mampu meningkatkan akurasi evaluasi ketercapaian learning outcome.
18	Zayani dkk., 2024	Judul : A Framework for Efficient and Accurate Automated CLO and PLO Assessment Metode : Framework Development Software : Hasil : Framework mampu meningkatkan akurasi pengukuran CLO dan PLO melalui sistem otomatis berbasis indikator performa.
19	Handayani dkk., 2024	Judul : Sistem Monitoring dan Evaluasi Proses Belajar Mengajar Berbasis Outcome-Based Education di Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Metode : System Development Software : Web System Hasil : Sistem membantu monitoring pembelajaran berbasis CPL
20	Shamsuddin, 2025	Judul : Closing the Loop on CLOs: Evidence-Based Measurement and Pedagogical Enhancements Metode : Mixed Method Software : - Hasil : Penelitian menunjukkan evaluasi CLO berbasis data membantu peningkatan kualitas pembelajaran OBE.
21	Ramadhan dkk., 2024	Judul : Pengembangan Sistem Evaluasi Penilaian Berbasis Outcome-Based Education pada Modul Manajemen Pengguna dan File Laporan

No	Nama (Tahun)	Keterangan
(1)	(2)	(3)
		Metode : Rapid Application Development (RAD) Software : PHP Laravel Hasil : Sistem berhasil membantu pengelolaan multi-role user serta menghasilkan laporan CPL dan CPMK secara otomatis untuk evaluasi OBE.
22	Zakiah dkk., 2025	Judul : Analisis Kemampuan Dosen dalam Menyusun RPS Berbasis Outcome-Based Education Metode : Kualitatif Deskriptif Software : - Hasil : Penelitian menunjukkan RPS sudah sesuai kerangka OBE namun masih perlu peningkatan keterkaitan antara CPL, CPMK dan metode asesmen.

Tabel tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki kedekatan dengan penelitian sebelumnya dalam hal OBE, CPL, CPMK, sistem berbasis web, dan *dashboard monitoring*. Perbedaannya, penelitian ini secara khusus menempatkan algoritma perhitungan CPL sebagai fokus utama, yaitu bagaimana nilai mahasiswa diolah melalui bobot komponen penilaian, dihitung menjadi nilai CPMK, kemudian dipetakan ke CPL berdasarkan bobot relasi CPMK terhadap CPL.

Diagram *mind map* dicontohkan pada gambar berikut ini



Gambar 1 Mindmap Penelitian

B. Landasan Teori

1. *Outcome-Based Education (OBE)*

Outcome-Based Education (OBE) merupakan pendekatan pendidikan yang menempatkan hasil belajar yang dapat diamati dan diukur sebagai fokus utama. Seluruh unsur kurikulum, proses pembelajaran, dan asesmen dirancang sejak

awal untuk memastikan mahasiswa mencapai kompetensi yang telah ditetapkan [2], [38].

Menurut Harden, pendekatan OBE mengharuskan kurikulum, metode pembelajaran, dan sistem evaluasi disusun berdasarkan hasil belajar yang ingin dicapai [2]. Prinsip ini sejalan dengan constructive alignment, yaitu keselarasan antara capaian pembelajaran, aktivitas pembelajaran, serta teknik dan instrumen penilaian [38].

Dalam konteks pendidikan tinggi Indonesia, standar kompetensi lulusan dirumuskan sebagai Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL). Penyusunan CPL memperhatikan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI), visi dan misi perguruan tinggi, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, kebutuhan dunia kerja, serta masukan pemangku kepentingan [27], [39]. Permendikdisaintek Nomor 39 Tahun 2025 sebagaimana diubah dengan Permendikdisaintek Nomor 10 Tahun 2026 menjadi acuan standar nasional pendidikan tinggi yang berlaku pada saat penelitian ini diselesaikan [27], [40].

2. Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL)

Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) merupakan rumusan kompetensi pada tingkat program studi yang harus dicapai mahasiswa setelah menyelesaikan keseluruhan proses pembelajaran. Berdasarkan standar nasional pendidikan tinggi, CPL memuat kesatuan sikap, pengetahuan, dan keterampilan serta disusun oleh program studi dengan melibatkan pemangku kepentingan dan memperhatikan KKNI [27], [39].

Dalam kurikulum OBE, CPL menjadi target akhir program studi dan selanjutnya dibebankan pada mata kuliah. Setiap mata kuliah memiliki CPMK yang berkontribusi terhadap satu atau lebih CPL, sehingga ketercapaian CPL dapat ditelusuri melalui hasil asesmen pada mata kuliah [27], [38].

Data ketercapaian CPL juga dapat digunakan sebagai dasar monitoring, evaluasi kurikulum, dan perbaikan mutu pembelajaran secara berkelanjutan. Dengan adanya data ketercapaian CPL, program studi dapat mengetahui capaian yang sudah memenuhi target maupun capaian yang masih perlu ditingkatkan.

3. Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) merupakan rumusan kemampuan pada tingkat mata kuliah yang diturunkan dari CPL yang dibebankan pada mata kuliah tersebut. CPMK berfungsi mengoperasionalkan CPL agar dapat dicapai, diamati, dan diukur melalui proses pembelajaran serta asesmen pada satu mata kuliah [27], [38].

CPMK berperan sebagai penghubung antara kompetensi lulusan dengan materi pembelajaran, metode pembelajaran, dan instrumen penilaian pada mata kuliah. Setiap CPMK dapat berkontribusi terhadap satu atau lebih CPL melalui bobot relasi yang ditetapkan oleh program studi. Apabila diperlukan, CPMK dapat dijabarkan menjadi Sub-CPMK untuk memperinci kemampuan pada

setiap tahap pembelajaran, tetapi keberadaan Sub-CPMK tidak selalu menjadi dasar komputasi nilai [21], [38].

Pemetaan CPL–CPMK harus disusun secara eksplisit agar kontribusi setiap mata kuliah terhadap CPL dapat dihitung dan ditelusuri. Dalam sistem penelitian ini, bobot relasi CPMK terhadap CPL digunakan pada tahap agregasi nilai CPMK menjadi nilai CPL.

Dalam penelitian ini, data mata kuliah, CPMK, CPL, serta hubungan antara mata kuliah, CPMK, dan CPL yang digunakan dalam skenario pengujian mengacu pada Kurikulum Program Studi Informatika Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap Tahun 2023 [41]. Pada mata kuliah Aljabar Linear Elementer, CPMK-43 dan CPMK-44 memiliki relasi terhadap CPL-05 sesuai dengan pemetaan yang terdapat dalam dokumen kurikulum tersebut. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk merepresentasikan alur hubungan mata kuliah, CPMK, dan CPL pada proses pengujian algoritma dalam sistem.

4. Standar Acuan dan Hubungan CPL, CPMK, Sub-CPMK, serta Penilaian

Sub-CPMK merupakan kemampuan yang lebih spesifik dan terukur pada setiap tahap pembelajaran. Sub-CPMK diturunkan dari CPMK, dirumuskan dengan kemampuan akhir yang dapat diamati, dan secara kumulatif berkontribusi terhadap pencapaian CPMK serta CPL [38].

Hubungan antarunsur kurikulum OBE perlu disusun secara selaras. CPL berada pada tingkat program studi, sedangkan CPMK berada pada tingkat mata kuliah dan menjadi kontribusi mata kuliah terhadap CPL. Teknik dan instrumen penilaian menghasilkan bukti ketercapaian CPMK. Sub-CPMK dapat digunakan untuk menjabarkan CPMK menjadi kemampuan yang lebih spesifik dan menghubungkan bukti penilaian secara lebih rinci. Namun, pada implementasi sistem penelitian ini, teknik penilaian juga dapat dihubungkan langsung dengan CPMK sehingga proses perhitungan tidak bergantung pada keberadaan Sub-CPMK [21], [38].

Standar penilaian pendidikan tinggi mengharuskan asesmen memenuhi prinsip valid, reliabel, transparan, akuntabel, adil, objektif, dan edukatif. Penilaian dapat bersifat formatif maupun sumatif, dengan teknik berupa observasi, partisipasi, unjuk kerja, tes tertulis, tes lisan, proyek, penugasan, atau bentuk lain yang sesuai dengan capaian yang diukur [27], [38].

Hubungan sistematis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. CPL ditetapkan sebagai target kompetensi pada tingkat program studi.
- b. CPMK ditetapkan pada setiap mata kuliah dan dipetakan ke CPL beserta bobot kontribusinya.
- c. Sub-CPMK dapat diturunkan dari CPMK apabila diperlukan sebagai kemampuan spesifik pada tahap pembelajaran.
- d. Teknik dan instrumen penilaian ditetapkan untuk mengukur CPMK serta diberi bobot sesuai kontribusinya. Apabila Sub-CPMK digunakan,

teknik penilaian dapat sekaligus dihubungkan dengan Sub-CPMK tersebut sebagai informasi tambahan.

- e. Nilai dari setiap teknik atau instrumen penilaian dihitung berdasarkan bobotnya untuk menghasilkan nilai CPMK. Selanjutnya, nilai CPMK diagregasikan menjadi nilai CPL berdasarkan bobot relasi CPMK–CPL.

Pada penelitian ini, proses perhitungan dimulai dari nilai mahasiswa yang diperoleh melalui teknik atau instrumen penilaian. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung nilai CPMK, lalu nilai CPMK dipetakan untuk menghasilkan nilai CPL. Sub-CPMK tidak menjadi dasar utama dalam proses perhitungan dan hanya digunakan apabila diperlukan sebagai rincian capaian pembelajaran. Sub-CPMK juga tidak memiliki bobot tersendiri dalam rumus perhitungan.

5. Sistem Informasi Berbasis Web

Sistem informasi merupakan kombinasi antara manusia, perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, data, dan prosedur yang saling berinteraksi untuk mengolah data menjadi informasi. Sistem informasi digunakan untuk mendukung kegiatan operasional, pengelolaan data, dan pengambilan keputusan dalam organisasi [17].

Dalam lingkungan akademik, sistem informasi dapat digunakan untuk mengelola data pembelajaran, data kurikulum, data nilai mahasiswa, serta hasil evaluasi akademik. Sistem informasi berbasis web merupakan sistem yang dapat diakses melalui browser dengan memanfaatkan teknologi web. Sistem berbasis web memiliki keunggulan dalam hal kemudahan akses, fleksibilitas penggunaan, dan kemampuan untuk digunakan oleh banyak pengguna sesuai hak akses masing-masing [14], [17].

Kushari dan Septiadi mengembangkan sistem informasi *assessment* berbasis web untuk membantu implementasi OBE melalui pengelolaan dan pemantauan ketercapaian *learning outcome* [11]. Safiudin juga menunjukkan bahwa sistem informasi OBE berbasis web dapat digunakan untuk mengelola CPL, CPMK, dan *monitoring* ketercapaian pembelajaran secara terintegrasi [14]. Oleh karena itu, sistem berbasis web sesuai digunakan dalam penelitian ini karena sistem perlu mengelola data CPL, CPMK, pemetaan CPL–CPMK, nilai mahasiswa, dan hasil perhitungan CPL secara terpusat.

6. Teknologi Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan *React.js* pada sisi *frontend*, *Node.js* dan *Express.js* pada sisi *backend*, serta *Prisma ORM* untuk pengelolaan basis data.

React.js merupakan *library JavaScript* yang digunakan untuk membangun antarmuka pengguna berbasis komponen [28]. Konsep komponen pada *React.js* memungkinkan antarmuka seperti *form input*, tabel data, halaman *dashboard*, dan komponen visualisasi dibuat secara modular. Penggunaan

React.js sesuai untuk penelitian ini karena sistem membutuhkan antarmuka yang dinamis, terstruktur, dan mudah dikembangkan secara bertahap.

Node.js merupakan *runtime JavaScript* yang dapat digunakan untuk membangun server dan aplikasi web [29]. Penggunaan *Node.js* memungkinkan pengembangan *frontend* dan *backend* berada dalam ekosistem *JavaScript* yang sama. Dalam penelitian ini, *Node.js* digunakan pada sisi server untuk menangani proses bisnis, pengolahan *request*, dan komunikasi antara *frontend* dengan basis data.

Express.js merupakan *framework* aplikasi web untuk *Node.js* yang bersifat minimalis dan fleksibel [30]. *Express.js* menyediakan fitur yang dibutuhkan dalam pengembangan aplikasi web dan API, seperti *routing*, *middleware*, serta pengelolaan *request* dan *response*. Dalam penelitian ini, *Express.js* digunakan untuk membangun API yang menghubungkan antarmuka pengguna dengan proses pengelolaan data dan perhitungan CPL.

Prisma ORM merupakan *Object-Relational Mapping* yang menyediakan akses basis data secara *type-safe* untuk aplikasi berbasis *Node.js* dan *TypeScript* [31]. *Prisma ORM* mendukung pengelolaan basis data melalui *Prisma Client*, *Prisma Migrate*, dan *Prisma Studio*. Dalam penelitian ini, *Prisma ORM* digunakan untuk membantu pengelolaan data akademik, seperti data CPL, CPMK, mata kuliah, pemetaan CPL–CPMK, nilai mahasiswa, dan hasil perhitungan CPL.

7. Algoritma Perhitungan Ketercapaian CPL

Algoritma merupakan urutan langkah-langkah logis dan sistematis yang digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah. Dalam penelitian ini, algoritma digunakan untuk menghitung ketercapaian CPL berdasarkan nilai mahasiswa, bobot komponen penilaian, nilai CPMK, dan bobot relasi CPMK terhadap CPL.

Perhitungan CPL dalam sistem OBE memerlukan struktur data yang jelas karena nilai CPL tidak berasal dari satu komponen saja, tetapi berasal dari hubungan antara penilaian, CPMK, dan CPL. Proses perhitungan dimulai dari pengolahan nilai mahasiswa pada setiap komponen penilaian, seperti tugas, kuis, UTS, UAS, atau instrumen penilaian lain yang digunakan dalam mata kuliah. Nilai dari setiap komponen penilaian kemudian dihitung berdasarkan bobotnya untuk menghasilkan nilai CPMK. Setelah nilai CPMK diperoleh, nilai tersebut dipetakan ke CPL berdasarkan bobot relasi CPMK terhadap CPL [8], [21].

Secara umum, alur perhitungan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Nilai mahasiswa dimasukkan berdasarkan teknik penilaian.
- b. Nilai setiap teknik penilaian dihitung berdasarkan bobot masing-masing.
- c. Sistem menghasilkan nilai CPMK menggunakan rata-rata tertimbang.

- d. Nilai CPMK dipetakan ke CPL berdasarkan bobot relasi CPMK terhadap CPL.
- e. Sistem menghasilkan nilai ketercapaian CPL.
- f. Hasil CPL ditampilkan dalam bentuk tabel atau *dashboard monitoring*.

Perhitungan nilai CPMK dalam sistem dilakukan menggunakan pendekatan rata-rata tertimbang. Rumus perhitungan nilai CPMK dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Nilai CPMK} = \frac{\sum \text{Nilai Komponen} \times \text{Bobot Komponen}}{\sum \text{Bobot Komponen}}$$

Keterangan:

- Nilai Komponen = nilai mahasiswa pada komponen penilaian tertentu;
- Bobot Komponen = bobot setiap teknik penilaian;
- Σ = jumlah seluruh komponen yang dihitung.

Selanjutnya, perhitungan nilai CPL dilakukan dengan menggabungkan nilai CPMK berdasarkan bobot relasi antara CPMK dan CPL. Rumus perhitungan nilai CPL dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Nilai CPL} = \frac{\sum \text{Nilai CPMK} \times \text{Bobot Relasi}}{\sum \text{Bobot Relasi}}$$

Keterangan:

- Nilai CPMK = Nilai Capaian Pembelajaran Mata Kuliah;
- Bobot Relasi = bobot relasi CPMK ke CPL;
- Σ = jumlah seluruh komponen yang dihitung.

Rumus tersebut digunakan agar proses perhitungan ketercapaian CPL dapat dilakukan secara proporsional sesuai bobot masing-masing komponen. Dengan pendekatan ini, setiap CPMK yang berkontribusi terhadap CPL tidak dihitung secara sama rata, tetapi disesuaikan dengan bobot relasi yang telah ditentukan [8], [21], [32].

8. Metode Rata-Rata Tertimbang

Metode rata-rata tertimbang atau *weighted average* merupakan metode perhitungan rata-rata yang memperhatikan bobot dari setiap komponen. Dalam metode ini, setiap nilai tidak selalu memiliki pengaruh yang sama karena setiap nilai dihitung berdasarkan bobot kontribusinya.

Secara matematis, rumus dasar rata-rata tertimbang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Rata\ Rata\ Tertimbang = \frac{\sum Nilai \times Bobot}{\sum Bobot}$$

Keterangan:

Nilai = Nilai dari masing-masing data atau komponen
 Bobot = Besaran bobot/persentase kontribusi dari data tersebut
 Σ = jumlah seluruh komponen yang dihitung.

Metode ini sesuai digunakan dalam perhitungan CPL karena komponen penilaian dan relasi CPMK terhadap CPL dapat memiliki bobot yang berbeda [8], [21], [32]. Dalam penelitian ini, metode rata-rata tertimbang digunakan sebagai dasar perhitungan nilai CPMK dan CPL. Pada perhitungan CPMK, bobot digunakan untuk menentukan kontribusi setiap komponen penilaian, seperti tugas, kuis, UTS, dan UAS. Pada perhitungan CPL, bobot digunakan untuk menentukan persentase kontribusi setiap CPMK terhadap CPL.

Dengan pendekatan rata-rata tertimbang, hasil perhitungan menjadi lebih proporsional karena setiap komponen dihitung sesuai tingkat kontribusinya. Hal ini sesuai dengan kebutuhan evaluasi OBE karena ketercapaian CPL perlu ditelusuri berdasarkan kontribusi mata kuliah, CPMK, dan komponen penilaian yang mendukungnya.

9. Visualisasi Data dan *Dashboard Monitoring*

Visualisasi data merupakan proses penyajian data ke dalam bentuk grafik, tabel, diagram, atau *dashboard* agar informasi lebih mudah dipahami oleh pengguna. *Dashboard monitoring* dapat membantu pengguna melihat informasi penting secara ringkas, terpusat, dan mudah dibaca.

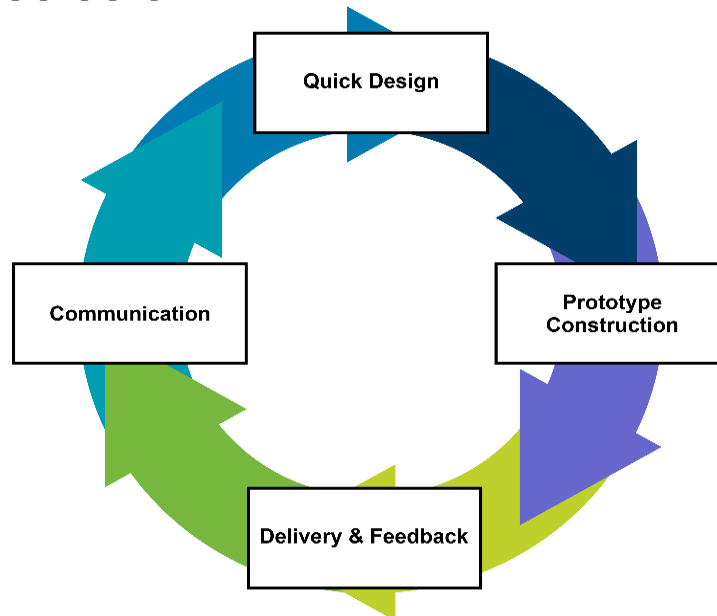
Dalam konteks OBE, *dashboard* dapat digunakan untuk menampilkan hasil ketercapaian CPL, kontribusi mata kuliah, dan capaian mahasiswa pada setiap CPL. Zakyrafi dan Saptadi mengusulkan perancangan *dashboard* portofolio penilaian CPL berbasis OBE untuk membantu visualisasi hasil penilaian CPL [20]. Rumbajan dkk. juga menjelaskan bahwa *dashboard monitoring* CPL dapat menampilkan informasi CPL, mata kuliah pendukung, bobot kontribusi, hubungan CPMK dan Sub-CPMK, serta grafik capaian dalam sistem OBE [21].

Dalam penelitian ini, *dashboard* digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan CPL agar dosen dan program studi dapat melakukan *monitoring* dan evaluasi akademik secara lebih mudah. Hasil visualisasi dapat membantu program studi mengetahui CPL yang sudah tercapai dan CPL yang masih berada di bawah target.

10. Metode *Prototype*

Metode *prototype* merupakan metode pengembangan perangkat lunak yang dilakukan dengan membuat model awal sistem untuk dievaluasi oleh pengguna. Model awal tersebut digunakan agar pengguna dapat melihat

gambaran sistem sebelum sistem dikembangkan secara penuh. Metode *prototype* memungkinkan pengembang memperoleh umpan balik dari pengguna secara langsung sehingga kebutuhan sistem dapat diperbaiki secara bertahap [22], [23], [24].



Gambar 2 Metode Prototype (Pressman)

Menurut Pressman, tahapan metode *prototype* terdiri dari *communication*, *quick design*, *prototype construction*, serta *delivery and feedback* [22]. Tahap *communication* dilakukan untuk memahami kebutuhan sistem dari pengguna. Pada tahap ini, pengembang mengumpulkan informasi awal mengenai kebutuhan sistem yang akan dibuat.

Tahap *quick design* dilakukan sebagai perancangan awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah diperoleh. Perancangan awal ini belum bersifat final, tetapi digunakan sebagai dasar dalam membangun *prototype*. Selanjutnya, pada tahap *prototype construction*, sistem mulai dibangun dalam bentuk *prototype* yang dapat menggambarkan fungsi utama sistem.

Prototype yang telah dibuat kemudian masuk ke tahap *delivery and feedback*. Pada tahap ini, *prototype* ditunjukkan kepada pengguna untuk memperoleh masukan. Hasil evaluasi dan masukan dari pengguna digunakan sebagai dasar perbaikan sistem secara berulang hingga sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna [22].

Metode *prototype* sesuai digunakan dalam pengembangan sistem informasi yang kebutuhannya masih dapat berubah selama proses pengembangan. Dalam penelitian ini, metode *prototype* digunakan karena sistem perhitungan CPL memerlukan validasi dari pengguna, terutama terkait alur pengelolaan data CPL, CPMK, pemetaan CPL–CPMK, *input* nilai, hasil perhitungan, dan tampilan *dashboard*.

11. Black Box Testing

Black Box Testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsi sistem tanpa melihat struktur kode program di dalamnya. Dalam metode ini, penguji memberikan *input* tertentu ke dalam sistem dan memeriksa apakah *output* yang dihasilkan sudah sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan [22], [33].

Pengujian *Black Box* melihat sistem dari sudut pandang pengguna sehingga metode ini sesuai digunakan untuk menguji fungsi-fungsi utama pada aplikasi berbasis *web*. Dalam penelitian ini, *Black Box Testing* digunakan untuk menguji fungsionalitas sistem perhitungan CPL berbasis *web*. Fitur yang diuji meliputi *login* pengguna, pengelolaan data CPL, pengelolaan data CPMK, pemetaan CPL–CPMK, *input* nilai mahasiswa, proses perhitungan CPL, dan tampilan *dashboard monitoring*.

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur dapat menerima *input*, memproses data, dan menghasilkan *output* sesuai dengan skenario yang telah dirancang.

12. Pengujian Akurasi dan Validitas Perhitungan

Pengujian akurasi dilakukan untuk memastikan bahwa hasil perhitungan yang dihasilkan oleh sistem sesuai dengan prosedur perhitungan yang telah dirancang. Dalam penelitian ini, akurasi tidak hanya dilihat dari perbandingan dengan perhitungan manual, tetapi juga dari kesesuaian antara *output* sistem dengan nilai harapan atau *expected result* yang diperoleh berdasarkan rumus, bobot, data *input*, dan alur algoritma perhitungan.

Dalam konteks evaluasi CLO dan PLO, Zayani dkk. menjelaskan bahwa penilaian *learning outcome* secara manual dapat memakan waktu, rentan kesalahan, dan tidak selalu konsisten [8]. Oleh karena itu, sistem otomatis diperlukan untuk membantu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan konsistensi dalam proses evaluasi *learning outcome*.

Validitas perhitungan berkaitan dengan kesesuaian proses perhitungan terhadap struktur kurikulum OBE. Perhitungan CPL dapat dikatakan valid apabila nilai yang dihasilkan berasal dari hubungan yang benar antara nilai mahasiswa, komponen penilaian, CPMK, bobot relasi CPMK terhadap CPL, dan hasil akhir CPL [21], [34].

Pengujian validitas dalam penelitian ini dilakukan untuk memastikan bahwa alur perhitungan sistem sesuai dengan pemetaan CPL–CPMK dan bobot yang telah ditentukan. Dengan demikian, hasil perhitungan tidak hanya benar secara matematis, tetapi juga sesuai dengan struktur evaluasi pembelajaran berbasis OBE.