

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Masa prasekolah hingga awal SD merupakan masa terpenting bagi anak-anak untuk mengembangkan kemampuan kognitif mereka karena anak-anak dengan usia 5-7 tahun yang berada dalam masa tersebut sedang berada dalam masa emas untuk mengembangkan kemampuan kognitif mereka [1]. Menurut [1] fungsi eksekutif merupakan salah satu fungsi yang berperan dalam masa *golden age*. Fungsi kognitif seperti aspek fleksibilitas berpikir, pengendalian diri, dan *working memory* merupakan bagian dari kemampuan kognitif yang dapat menyokong anak untuk melakukan perencanaan, membuat keputusan, dan mengendalikan diri. Kemampuan kognitif yang bagus pada anak sejak usia dini terutama dari masa prasekolah hingga awal SD memberikan persiapan yang kuat bagi mereka untuk belajar dan memproses informasi baru. Dalam [2] disebutkan bahwa rata-rata skor kemampuan kognitif anak di Indonesia adalah sekitar 397 yang merupakan masih di bawah rata-rata skor dunia, yang mencapai angka 500. Berdasarkan fakta tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan kognitif dirasa perlu untuk dilakukan bagi anak-anak di Indonesia.

Kemampuan kognitif dapat dikembangkan dan dilatih dengan pembelajaran baca dan hitung sederhana yang sesuai dengan umur anak prasekolah hingga awal SD. Namun, perkembangan kemampuan kognitif pada anak dapat menjadi kurang maksimal dikarenakan kurangnya minat sehingga membuat mereka tidak fokus untuk belajar mengembangkan kemampuan kognitif mereka. Anak-anak pada tahap perkembangan tertentu mungkin mengalami keterbatasan dalam rentang perhatian mereka, sehingga mereka cenderung lebih mudah teralihkan [3]. Padahal, konsentrasi atau perhatian terfokus merupakan aspek kognitif yang penting dalam proses belajar anak. Melatih fokus anak sejak usia dini terutama pada masa emas anak sangat penting dikarenakan fokus yang baik akan menghasilkan konsentrasi yang baik pada anak yang akan membantu anak dalam belajar lebih efektif, mengingat informasi dengan lebih baik, berpikir logis, serta mengembangkan kemampuan sosial dan keterampilan organisasi diri [4]. Selain itu, pentingnya

mengembangkan kemampuan kognitif di usia dini seperti yang dijelaskan sebelumnya, bahwa kemampuan kognitif yang baik akan memberikan persiapan yang kuat bagi anak-anak untuk belajar dan menerima informasi juga menjadi alasan mengapa melatih fokus pada anak terutama selama masa pengembangan kognitif dikatakan penting.

Salah satu penyebab tidak fokusnya anak terhadap proses pengembangan kemampuan kognitif mereka adalah dikarenakan metode pengembangan kognitif yang dilatih dengan baca dan hitung masih menggunakan metode konvensional, seperti menggunakan papan tulis sebagai media menjelaskan atau hanya sekedar mendengarkan penjelasan [5]. Tidak adanya media yang interaktif, seperti melibatkan anak secara langsung dengan benda nyata untuk menstimulasi mereka membuat proses belajar terasa bosan, monoton, dan pasif sehingga membuat anak kesulitan untuk fokus selama prosesnya [6][7].

Namun, sebelum melatih fokus anak tentu perlu diketahui bagaimana indikasi fokus terhadap anak. Apakah anak sering atau mudah terdistraksi sehingga seringkali untuk tidak fokus selama proses pembelajaran atau indikasi lainnya. Metode yang biasanya dilakukan untuk mengakses atau menilai fokus pada anak-anak adalah observasi perilaku anak-anak, pengisian kuesioner anak-anak, pengisian kuesioner, dan latihan yang dirancang untuk mengukur konsentrasi anak. Metode-metode tersebut biasanya digunakan oleh orang tua, guru, atau psikolog anak. Salah satu contohnya adalah dalam [8] bahwa untuk menentukan apakah anak fokus atau tidak melalui observasi yang dilakukan oleh guru serta melalui wawancara.

Metode-metode seperti observasi perilaku dan pengisian kuesioner untuk mengakses atau menilai fokus anak dinilai lebih subjektif karena adanya ketergantungan interpretasi manusia sebagai subjek yang dinilai fokusnya dibandingkan menggunakan teknologi yang lebih objektif. Hal tersebut diperkuat dengan adanya penelitian yang dibahas dalam [9] dan [10] yang membahas perbandingan antara menggunakan metode konvensional seperti observasi perilaku dengan menggunakan teknologi seperti *eye-tracking* yang merupakan metode

objektif untuk mempelajari perhatian, persepsi, dan proses kognitif sejak bayi hingga usia sekolah serta membahas bahwa metode seperti observasi dan kuesioner sulit diterapkan untuk anak usia dini dari umur 3-8 tahun. Melalui pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa mengakses fokus pada anak lebih optimal dan objektif dengan menggunakan teknologi daripada menggunakan metode konvensional.

Permasalahan tersebut melibatkan beberapa *stakeholder*, yakni sebagai berikut.

1. Anak-anak dengan usia 5-7 tahun (masa prasekolah hingga awal SD) yang kesulitan fokus selama proses belajar untuk mengembangkan kemampuan kognitif mereka.
2. Orang Tua sebagai wali dari anak-anak yang belum tahu bagaimana cara mengubah metode mereka selama ini untuk membantu anaknya fokus dalam proses belajar serta metode akses fokus anak yang selama ini hanya menggunakan metode konvensional terkesan kurang objektif.
3. Guru sebagai pendidik yang mengevaluasi dan memantau hasil pembelajaran selama anak di sekolah.

Dengan terselesaikannya permasalahan tersebut maka akan ada dampak yang dirasakan oleh pihak yang terlibat. Bagi anak, tingkat fokus yang lebih baik akan membuat proses belajar dalam pengembangan kemampuan kognitifnya menjadi lebih optimal, meningkatkan prestasi akademik, serta menumbuhkan motivasi dan rasa percaya diri dalam belajar. Anak juga memiliki bekal dan persiapan yang baik untuk memasuki jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Bagi orang tua, adanya solusi dari permasalahan ini akan membantu orang tua untuk memantau fokus anak dengan lebih terukur sehingga tidak hanya bergantung pada pengamatan langsung. Serta guru sebagai pendidik di sekolah dapat melihat dan mengevaluasi perubahan yang lebih baik pada anak didiknya dalam minat dan fokus belajar. Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, harapannya akan ada solusi yang mampu melatih fokus anak dalam proses pengembangan kognitif mereka serta adanya metode dalam mengakses fokus anak yang lebih terukur dan objektif selama proses pelatihan fokusnya sehingga hasil untuk *report* kepada orang tua lebih terukur.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Permasalahan yang dikenalkan pada bagian sebelumnya mencakup dua bagian aspek utama, yaitu kurangnya fokus anak selama proses pengembangan kognitif mereka yang sebaiknya perlu dilatih dan dimonitor secara terukur untuk melihat adanya perkembangan yang lebih baik. Dua bagian aspek utama yang perlu diperhatikan adalah melatih fokus anak yang berkaitan dengan perkembangan kognitif mereka serta memonitor fokus anak dengan mengakses fokus pada anak melalui beberapa parameter serta memanfaatkan teknologi untuk pengukuran yang objektif.

Dalam melatih fokus anak, perlu diperhatikan bagaimana perkembangan berpikir serta kognitif pada anak usia 5-7 tahun. Perkembangan kognitif seperti apa yang perlu dikembangkan serta bagaimana batasannya untuk anak usia 5-7 tahun. Perkembangan kognitif anak yang dapat secara maksimal dilakukan ketika fokus anak dalam kondisi yang baik perlu diperhatikan pula bobotnya sesuai dengan umur anak. Hal ini dikarenakan adanya beban kognitif pada usia anak tertentu yang menyatakan bahwa otak anak memiliki kapasitas terbatas untuk memproses informasi sehingga bobot pembelajaran yang berat akan membuat anak kewalahan dan memicu kehilangan fokus [3][11]. Kemudian, melatih fokus anak dapat dilakukan dengan metode pembelajaran berbasis permainan yang menggunakan teknologi daripada menggunakan metode konvensional, seperti membaca teks di buku atau sekedar mendengarkan penjelasan dari orang tua dan guru. Metode pembelajaran berbasis permainan dapat memberikan ruang bagi anak untuk belajar secara aktif dan melalui interaksi langsung yang diharapkan dapat secara optimal melatih fokus anak [12].

Lebih lanjut pada aspek yang kedua, yaitu mengakses fokus pada anak dengan menggunakan teknologi memiliki beberapa parameter yang dapat dijadikan sebagai tolak ukur fokus pada anak secara objektif. Beberapa hal yang dapat diukur atau diakses untuk menilai fokus anak adalah melalui durasi fokus anak selama pembelajaran atau kegiatan melatih fokus, melalui ekspresi wajah [13], melalui arah pandangan mata dan gerakan kepala [9].

Berdasarkan penjabaran tersebut, perlu dijelaskan lebih lanjut mengenai perkembangan berpikir kognitif pada anak yang memiliki hubungan dengan pemicu tidak fokusnya anak, metode pembelajaran berbasis permainan yang berkaitan dengan cara atau aplikasi untuk melatih fokus anak, serta parameter apa saja yang dapat diakses untuk memonitor fokus pada anak.

1.1.1.1 Perkembangan Berpikir dan Teori Kognitif

Kemampuan kognitif merupakan seluruh proses mental yang digunakan oleh otak dalam menerima, mengolah, menyimpan, dan menggunakan informasi untuk berpikir, belajar, mengingat, dan memecahkan masalah. Dalam psikologi, kemampuan kognitif mencakup kegiatan seperti mempersepsi, memahami, mengingat, bernalar, dan membuat keputusan. Menurut Teori Kognitif yang dikemukakan oleh Piaget, manusia mengalami perkembangan berpikir melalui empat periode yang dimulai dari tahapan yang konkret hingga tahapan yang lebih abstrak. Berikut adalah tahap-tahap perkembangan kognitif jika dihubungkan dengan teori kognitif menurut Piaget pada anak [14].

1. Periode Sensor Motorik

Periode ini berada pada anak usia dengan rentang antara 0 - 2 tahun. Periode ini merupakan periode fundamental bagi anak untuk mulai berlatih berpikir dalam memecahkan masalah. Pada fase ini, anak menggunakan indra tubuhnya untuk mengamati dan memahami lingkungan di sekitarnya.

2. Periode Pra-Operasional

Periode ini berada pada anak usia dengan rentang umur 2 - 7 tahun. Pada periode ini, anak belum menggunakan penalaran logis dalam mengambil keputusan. Anak pada periode ini cenderung mengambil keputusan berdasarkan hal-hal yang dapat diamati secara langsung. Periode ini juga periode anak untuk mengenal bilangan, huruf, menghitung, serta menghubungkan angka dengan benda konkret.

3. Periode Operasi Konkret

Periode ini terjadi ketika anak berusia dalam rentang 7 - 11 tahun. Pada periode ini anak mulai mampu memahami hubungan-hubungan berdasarkan pada pengalaman konkret yang mereka alami sebelumnya. Pada periode ini anak mampu memahami operasi hitung dasar seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian.

4. Periode Operasional Formal

Periode ini berada pada anak usia 11 tahun ke atas. Pada periode ini, anak mengalami perkembangan signifikan dalam kemampuan berpikir abstrak dan bernalar logis. Anak pada periode ini sudah mampu berpikir secara kombinatorik yang artinya mereka dapat mengidentifikasi dan menggabungkan faktor-faktor yang terlibat dalam suatu masalah untuk mencapai solusi yang tepat. Di tahap ini anak mulai menguasai konsep matematika yang lebih abstrak seperti aljabar, geometri, dan statistik.

1.1.1.2 Pembelajaran Berbasis Permainan (*Game-Based Learning*)

Pembelajaran berbasis permainan merupakan suatu metode pembelajaran yang menghubungkan atau mengintegrasikan pembelajaran ke elemen permainan untuk meningkatkan keterlibatan anak. Metode ini dirancang agar proses belajar terasa menyenangkan dan interaktif. Pembelajaran berbasis permainan berperan dalam mendukung perkembangan kognitif anak usia dini, khususnya pada aspek pemecahan masalah (*problem solving*), memori atau daya ingat, dan atensi/perhatian [15].

Beberapa pembelajaran berbasis permainan yang biasanya dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Puzzle

Anak menyusun potongan gambar menjadi utuh untuk melatih kemampuan memecahkan masalah, koordinasi visual-motorik, dan daya ingat. Pengulangan aktivitas ini dapat meningkatkan memori jangka panjang serta ketelitian anak. Manfaatnya Meningkatkan konsentrasi, mengembangkan keterampilan pemecahan masalah, melatih koordinasi mata dan tangan. [16]

2. Berhitung Cepat

Permainan berhitung cepat seperti *flashcards* atau aplikasi edukasi yang menantang anak-anak untuk menyelesaikan soal-soal matematika dengan cepat dapat melatih fokus dan kecepatan berpikir mereka. Manfaatnya meningkatkan keterampilan matematika, melatih kecepatan berpikir, mengembangkan ketelitian.

3. Menyusun kata (*scrabble*)

Scrabble adalah permainan papan kata di mana pemain menyusun balok huruf untuk membentuk kata pada papan, mirip dengan teka-teki silang. Manfaat: Meningkatkan kosakata, mengasah keterampilan mengeja, mengembangkan kemampuan strategis.

Pembelajaran berbasis permainan saat ini sudah cukup banyak diterapkan terutama pada aplikasi-aplikasi bermain sambil belajar pada aplikasi *mobile*. Dalam [3] disebutkan bahwa penggunaan media digital yang berlebihan menjadi salah satu faktor signifikan yang memengaruhi kemampuan fokus seorang anak. Pola konsumsi media digital yang terlalu intensif berpotensi mengubah cara anak memproses informasi sehingga rentang perhatian mereka menjadi pendek. Berdasarkan fakta tersebut, maka sebaiknya dikembangkan sistem pembelajaran berbasis permainan yang memanfaatkan teknologi tanpa meningkatkan konsumsi media digital untuk mendukung terjaganya fokus anak selama proses belajar.

Beberapa sistem pembelajaran berbasis permainan yang sudah banyak tersedia adalah aplikasi *mobile* untuk pembelajaran interaktif yang sudah banyak tersedia di Play Store. Aplikasi *mobile* memang menampilkan animasi yang menarik, tetapi di satu sisi aplikasi tersebut dapat meningkatkan masa *screen time* anak. Padahal, terlalu banyak mengonsumsi media digital dapat mengganggu fokus anak selama masa belajar.

Selain aplikasi *mobile* salah satu teknologi lain yang sudah ada saat ini adalah papan interaktif digital yang biasanya dipasang di ruang kelas di sekolah [17]. Papan interaktif digital ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan layar papan

yang dapat disentuh dan atau menggunakan pena digital untuk belajar sambil bermain. Namun, penggunaan papan interaktif digital ini masih belum interaktif dengan dunia nyata karena tidak ada keterlibatan langsung antara siswa dengan lingkungannya secara fisik. Kurangnya variasi aktivitas karena hanya menatap layar dan menyentuhnya berpotensi terjadinya kejenuhan pada siswa, sehingga anak merasa kurang minat dan tidak fokus.

Dalam mendukung pembelajaran baca dan hitung sambil bermain, anak prasekolah hingga awal SD atau anak yang berusia 5-7 tahun setidaknya mengenali huruf dan angka dasar dalam matematika.

Tabel 1. 1 Huruf-huruf dalam Membaca

Huruf	
A	N
B	O
C	P
D	Q
E	R
F	S
G	T
H	U
I	V
J	W
K	X
L	Y

M	Z
---	---

Huruf-huruf tersebut menjadi dasar dalam pembelajaran membaca. Anak dengan usia 5-7 tahun sesuai dengan teori Piaget sudah dapat mengenali huruf. Huruf-huruf tersebut akan digunakan untuk menjadi bahan pembelajaran membaca berbasis permainan.

Tabel 1. 2 Angka dalam Matematika

Angka	Bilangan
0	Nol
1	Satu
2	Dua
3	Tiga
4	Empat
5	Lima
6	Enam
7	Tujuh
8	Delapan
9	Sembilan

Angka atau bilangan dalam pembelajaran sekolah dasar dapat divariasikan persoalan kasusnya untuk membantu siswa lebih terbiasa dalam penyelesaian masalah melalui proses berpikir. Operasi perhitungan matematis juga tidak lepas dari angka dan bilangan sebagai suatu objek yang akan dihitung.

1.1.1.3 Durasi Maksimal Fokus Belajar pada Anak

Anak usia dini dan awal sekolah dasar berusia 5 sampai 7 tahun masih dalam proses perkembangan kognitif, terutama dalam kemampuan mempertahankan fokus atau perhatian saat belajar. Pada usia ini, anak mulai terlibat dalam kegiatan pembelajaran yang membutuhkan pemrosesan kognitif, seperti matematika sederhana dan literasi awal, termasuk mengenali huruf, menyusun kata, serta memahami konsep angka dasar. Namun, kemampuan fokus belajar anak pada usia tersebut belum sepenuhnya matang, sehingga mereka mudah terdistraksi dan kesulitan mempertahankan perhatian dalam waktu yang lama. Pada umumnya anak

usia dini sering mengalami kesulitan berkonsentrasi dan mudah beralih ke stimulus lain di sekitarnya, yang berkaitan dengan perkembangan fungsi eksekutif yang belum optimal. [18]

Rentang waktu fokus belajar efektif anak usia 5–7 tahun umumnya berada pada kisaran 10–20 menit per sesi, tergantung pada jenis aktivitas yang dilakukan. Aktivitas yang menuntut pemikiran logis, seperti matematika dasar, maupun literasi awal yang melibatkan pengolahan simbol membutuhkan tingkat konsentrasi yang lebih tinggi, sehingga anak cenderung lebih cepat kehilangan fokus apabila aktivitas berlangsung terlalu lama. Panduan perkembangan perhatian anak menyebutkan bahwa setelah melewati durasi fokus optimal tersebut, anak akan lebih mudah berpindah ke aktivitas lain, terutama ketika pembelajaran kurang menarik atau bersifat monoton. Kondisi ini menunjukkan bahwa durasi belajar yang tidak disesuaikan dengan kapasitas fokus anak dapat mengurangi efektivitas proses pembelajaran.[19]

Selain faktor perkembangan kognitif, lingkungan belajar juga berpengaruh besar terhadap fokus belajar anak. Anak usia 5–7 tahun sangat peka terhadap rangsangan eksternal, seperti suara, gerakan, mainan, gawai, maupun aktivitas lain di sekitarnya. Rendahnya fokus belajar anak usia dini dipengaruhi oleh kombinasi faktor internal, seperti minat dan motivasi belajar, serta faktor eksternal, seperti lingkungan belajar yang kurang kondusif dan banyaknya gangguan. Akibatnya, anak sering meninggalkan aktivitas belajar sebelum tugas selesai, meskipun waktu belajar yang dialokasikan belum dimanfaatkan secara optimal.[20]

1.1.2 Analisis Masalah dan Konstrain

Dalam mengembangkan suatu solusi untuk menyelesaikan permasalahan, perlu dilakukannya analisis masalah dan konstrain yang berkaitan agar menghasilkan solusi yang sesuai dengan karakteristik pengguna dan menyelesaikan permasalahan. Anak-anak usia 5-7 tahun memiliki ketentuan dan karakteristik tertentu dalam menerima informasi dan mengolah informasi sesuai dengan perkembangan otak mereka. Selain itu, lama atau masa fokus anak-anak usia 5-7

tahun berbeda dengan anak-anak usia lainnya termasuk perilaku dan/atau tingkah laku anak. Dengan mempertimbangkan dan menganalisis masalah serta konstrain tersebut, diharapkan solusi yang diberikan mampu memenuhi keterbatasan dan ruang lingkup permasalahan untuk anak-anak usia 5-7 tahun sehingga solusi tetap dapat menjawab dan menyelesaikan permasalahan yang ada.

1.1.2.1 Aspek Pendidikan dalam Konstrain Kemampuan Kognitif

Permasalahan ini bersinggungan dengan aspek pendidikan dimana kurangnya minat dan fokus anak selama proses pengembangan kemampuan kognitif akan berpengaruh terhadap proses pendidikan mereka di sekolah. Proses belajar selama jenjang pendidikan membutuhkan kemampuan kognitif untuk membuat anak tetap termotivasi dan percaya diri selama proses pembelajaran. Jika minat dan fokusnya tidak cukup baik selama masa emas untuk pengembangan kognitifnya, tentu saja akan berpengaruh terhadap akademik anak. Namun, untuk pengembangan kognitif tentu saja ada batasan tertentu terkhususnya pada anak usia 5-7 tahun.

Konstrain pendidikan dan kemampuan kognitif pada anak usia 5-7 tahun perlu diperjelas untuk membatasi kemampuan sistem agar terfokus pada subjek, yaitu anak usia 5-7 tahun. Anak-anak pada usia 5-7 tahun memiliki masa atau periode untuk mengalami perkembangan kognitif yang pesat. Berdasarkan teori dari Piaget dalam [14], anak pada usia 5-7 tahun berada pada fase pra-operasional. Fase ini merupakan fase anak belum menggunakan penalaran logis dalam pengambilan keputusan dan anak dalam periode ini cenderung mengambil keputusan berdasarkan hal-hal yang dapat diamati secara langsung. Anak-anak dengan usia 5-7 tahun mampu mengenali angka dan huruf serta berhitung dan membaca sederhana. Sehingga, sistem yang dikembangkan dalam tugas akhir ini secara tegas tidak mencakup dan tidak relevan untuk kemampuan kognitif anak di luar usia 5-7 tahun. Selain itu, sistem hanya terbatas pada konsep permainan dalam pembelajaran yang sederhana dan mudah dipahami oleh anak melalui pengenalan huruf dan angka untuk anak usia 5-6 tahun serta operasi hitung dasar dan baca sederhana untuk anak usia 7 tahun. Sistem dalam tugas akhir ini tidak dirancang dan dibangun untuk melatih kemampuan atau meningkatkan kemampuan membaca dan berhitung pada

anak-anak, melainkan menjaga fokus mereka melalui permainan perkembangan kognitif, yang salah satu metodenya adalah pendekatan melalui huruf dan angka.

1.1.2.2 Aspek Psikologi dalam Konstrain Rentang Fokus Anak

Rentang fokus anak yang tidak sesuai dengan kajian psikologi akan memberikan pengaruh terhadap bagaimana kualitas fokus pada anak. Oleh sebab itu diperlukan adanya batasan dan aturan yang jelas mengenai rentang fokus pada anak.

Konstrain rentang fokus anak berkaitan dengan lamanya atau durasi maksimal anak usia 5-7 tahun untuk tetap fokus. Rentang fokus anak usia 5-7 tahun berbeda dengan rentang fokus individu yang berada di luar rentang umur tersebut. Dalam sebuah kajian psikologi anak pada [21] disebutkan bahwa durasi fokus ideal anak usia 5-7 tahun adalah dengan mempertahankan fokus atau perhatiannya selama 15-20 menit pada akhir sesi intervensi atau pembelajaran. Berdasarkan konstrain tersebut, keseluruhan sistem dalam tugas akhir ini dirancang untuk mampu mempertahankan dan menjaga fokus anak usia 5-7 tahun maksimal hanya 18 menit dan mampu memonitor fokus anak dalam durasi tersebut. Sistem yang dikembangkan bersifat *monitoring* dan bukan kontrol yang hanya dapat mengamati dan mengukur fokus secara alami.

1.1.2.3 Aspek Lingkungan dalam Konstrain Lingkungan Penggunaan

Aspek lingkungan dalam konstrain lingkungan penggunaan berkaitan bagaimana kondisi lingkungan atau tempat sistem yang dikembangkan ini digunakan. Beberapa contoh distraksi lingkungan adalah suara, orang lalu-lalang, dan benda-benda termasuk mainan di sekitar anak. Dengan demikian, lingkungan penggunaan sistem ini adalah lingkungan yang tenang, tidak ramai, dan tidak banyak hal atau benda di sekitar anak. Lingkungan dengan kriteria tersebut misalnya adalah rumah, ruangan belajar, dan kamar. Berdasarkan konstrain dan kriteria tersebut, sistem yang dikembangkan adalah sistem yang mampu dan cocok digunakan untuk di rumah dan ruangan sebagai pemakaian pribadi dan tidak menimbulkan distraksi yang berlebihan, misalkan suara termasuk tampilan yang terlalu nyentrik yang menyebabkan anak lebih tertarik pada bentuk alat bukan pada proses

penggunaannya. Selain itu, sistem hanya mencatat dan memonitor kondisi fokus anak, bukan mampu menghilangkan distraksi yang ada.

1.1.2.4 Aspek Keamanan dalam Konstrain Etika, Privasi, dan Keamanan Anak

Aspek keamanan dalam konstrain etika dan privasi anak berkaitan dengan keamanan anak selama penggunaan alat dan bagaimana data-data anak harus dilindungi, termasuk nama, umur, wajah, dan data anak lainnya. Data-data tersebut termasuk hal yang privasi bagi anak dan orang tua. Terutama data wajah merupakan data sensitif yang tidak boleh disimpan tanpa izin dan disebar. Berdasarkan konstrain tersebut, sistem yang dikembangkan dalam tugas akhir ini tidak memiliki mekanisme untuk menampilkan data secara publik melainkan sistem akan diproses secara lokal, sehingga yang dapat mengakses hanyalah orang tua atau keluarga dari anak. Selain itu, selama proses bermain anak didampingi oleh orang tua atau pendamping yang bersangkutan untuk memastikan keamanan pada anak.

Selain itu, dalam SNI ISO 8124 yang membahas tentang standar internasional tentang keamanan permainan yang mencakup uji fisik-mekanis, mudah terbakar, migrasi zat kimia berbahaya (seperti timbal dan ftalat), serta keamanan ayunan, seluncuran, dan playground indoor/outdoor. SNI ini diadaptasi dari ISO 8124 dan EN 71 (standar Eropa untuk toys), yang memastikan mainan bebas dari bahaya tersedak, tergores, terjatuh, atau tersetrus, serta sesuai untuk anak di bawah 14 tahun termasuk usia 5-7 tahun. Berdasarkan standar tersebut, alat dan bahan yang digunakan dalam sistem permainan tidak akan menggunakan bahan-bahan dan alat yang dapat membahayakan anak.

Standar dan Regulasi

SNI ISO 8124 membahas tentang standar internasional tentang keamanan mainan yang mencakup uji fisik-mekanis, mudah terbakar, migrasi zat kimia berbahaya (seperti timbal dan ftalat), serta keamanan ayunan, seluncuran, dan *playground indoor/outdoor*. SNI ini diadaptasi dari ISO 8124 dan EN 71 (standar Eropa untuk

toys), yang memastikan mainan bebas dari bahaya tersedak, tergores, terjatuh, atau terserum, serta sesuai untuk anak di bawah 14 tahun termasuk usia 5-7.

1.1.3 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan masalah yang dijelaskan serta analisisnya terhadap beberapa aspek dan konstrain yang telah ditetapkan, maka kebutuhan yang harus dipenuhi dalam sistem yang dirancang secara umum sebagai berikut.

1. Sistem harus mampu melatih fokus anak yang sesuai dengan konstrain kemampuan kognitif pada anak usia 5-7 tahun.
2. Sistem harus mampu menyimpan dan menampilkan laporan sebagai *progress monitoring* anak untuk dilihat oleh orang tua atau pendamping.

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan data pendukung, analisis masalah, dan perumusan kebutuhan yang harus dipenuhi, maka tujuan yang ingin dicapai adalah menyediakan sistem pembelajaran berbasis permainan menggunakan teknologi yang dapat melatih dan menjaga fokus anak selama proses pengembangan kemampuan kognitif.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

Karakteristik produk merupakan gambaran dari produk yang berupa sistem yang akan dikembangkan sebagai usulan solusi. Secara umum dalam keseluruhan sistem, karakteristik produk yang bersinggungan dan harus ada adalah mekanisme pelaporan proses yang dilakukan oleh anak setelah fokusnya dilatih dengan subsistem pembelajaran berbasis permainan di akhir sesi.

Fitur Dasar

a. *Sensing Capability*

Alat harus memiliki kemampuan mendeteksi dan mengidentifikasi nilai *input* sebagai media permainan secara akurat sehingga dapat diproses untuk di dalam sistem.

b. Data Processing

Alat harus dapat mengolah dan memproses data dengan baik dan dengan durasi yang cepat. Pemrosesan data yaitu terkait dengan bagaimana sistem dapat memproses *input* angka dan huruf termasuk variabel lain untuk memberikan keputusan atau hasil terkait dengan proses kalkulasi dan pemrosesan data untuk variasi soal dan tingkat kesulitan.

c. Computing Method

Alat harus memiliki metode komputasi untuk memproses data yang akan berpengaruh terhadap alur kerja sistem sehingga dapat memberikan alur bermain yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Fitur ini pada setiap solusi yang diberikan digunakan untuk memberikan level kesulitan yang berbeda-beda yang mana hal tersebut menjadi kebutuhan dari alur kerja sistem.

d. Performance Tracker

Alat harus mampu menghitung jumlah benar (skor) dengan tepat untuk ditampilkan di akhir sesi permainan.

e. Practical Engagement

Alat harus dapat melibatkan anak secara langsung dengan benda atau objek nyata sebagai bahan bermain serta alur dan mekanisme permainan yang baik untuk meningkatkan minat dan tetap menjaga fokus mereka dengan sistem permainan.

f. Feedback Mechanism

Alat harus dapat memberikan umpan balik yang jelas terhadap anak terkait dengan soal yang ditampilkan, pemberitahuan apakah jawaban mereka benar atau salah, termasuk menunjukkan hasil skor mereka dalam satu kali sesi bermain.

1.2.2 Usulan Solusi

Berdasarkan karakteristik produk yang dijabarkan sebelumnya, maka akan diberikan usulan solusi yang mampu menyelesaikan permasalahan yang diangkat yang nantinya usulan solusi tersebut akan dipilih untuk dikembangkan dan

dirancang menjadi sistem yang dapat menyelesaikan permasalahan. Usulan solusi yang dibagi masing-masing sesuai dengan subsistemnya. Berikut adalah masing-masing usulan solusi dari setiap subsistem.

1.2.2.1. Solusi 1: Sistem Permainan Menemukan Angka dan Kata menggunakan Kartu RFID

Sistem permainan menemukan angka menggunakan kartu RFID ini dirancang untuk melatih kemampuan kognitif dan menjaga mereka tetap fokus bagi anak-anak usia 5-7 tahun. Permainan menemukan angka dan kata ini membuat seorang anak harus fokus dalam menemukan angka dan huruf yang diminta oleh soal. Sehingga, anak dapat fokus untuk memikirkan dan menemukan jawabannya sekaligus melatih kemampuan kognitif mereka dengan permainan ini. Permainan ini menggunakan kartu RFID sebagai objek benda nyata yang akan digunakan oleh anak-anak untuk bermain sambil belajar.

Kartu RFID merupakan kartu yang telah ditanam label atau tag RFID. RFID merupakan singkatan dari *Radio Frequency Identification* yang berguna untuk mengidentifikasi atau mengenali suatu informasi menggunakan gelombang radio atau gelombang elektromagnetik [22]. Kartu RFID dapat menyimpan data. Data yang disimpan pada kartu RFID dapat dibaca menggunakan suatu mesin pembaca kartu atau yang biasa disebut dengan RFID *reader*. Kartu RFID yang sudah berisi data di dalamnya cukup ditempelkan pada RFID *reader* agar data dapat terbaca.

Kartu RFID digunakan sebagai komponen utama dalam sistem yang dirancang. Setiap angka numerikal dimulai dari angka 0 hingga angka 9 akan disimpan dalam sepuluh kartu RFID yang berbeda. Selain itu, 26 huruf alfabet juga akan disimpan dalam 26 kartu RFID yang berbeda sebagai tanda pengenal huruf. RFID *reader* dapat membaca data dalam kartu RFID dengan sangat cepat. Kisaran waktu RFID *reader* dapat membaca data dari kartu RFID umumnya hitungan milidetik hingga kurang dari satu detik. Kecepatan aktual pembacaan data kartu RFID dipengaruhi oleh jenis *reader* serta ukuran data yang disimpan.

Dalam sistem yang dirancang, data yang disimpan dalam kartu RFID masing-masingnya hanya satu digit saja sehingga proses pembacaan data kartu RFID oleh RFID *reader* tidak memakan waktu yang lama. Kartu-kartu RFID nantinya akan dilabeli angka 0 hingga angka 9 lalu 26 huruf dari A-Z sehingga dikenali oleh anak-anak. Kombinasi kartu-kartu tersebut yang akan mereka gunakan untuk menemukan angka dan kata.

Sebelum sistem ini digunakan, seorang anak harus sudah dipastikan terdaftar pada sebuah halaman *website* yang nantinya digunakan sebagai antarmuka. Ketika mendaftarkan akun yang akan diisi oleh orang tua akan dimintai mengisi nama anak serta umur anak. Selain itu, halaman *website* juga digunakan untuk melihat skor benar seorang anak selama bermain dalam satu kali sesi. Apabila anak salah satu kali dalam menjawab soal, maka akan diberikan kesempatan menjawab soal dua kali lagi dan jika masih salah maka akan langsung pindah ke soal berikutnya. Satu sesi seorang anak bermain maksimal 20 menit. *Website* digunakan sebagai sistem untuk melihat *progress* mereka apakah ada peningkatan atau tidak.

Selain itu untuk mencapai *adaptive learning* serta agar permainan tidak membosankan dengan soal yang monoton, sistem akan menerapkan *adaptive learning* dengan menaikkan tingkat kesulitan soal berdasarkan jumlah jawaban benar seorang anak dalam menjawab soal. *Adaptive learning* adalah pendekatan pembelajaran yang menggunakan teknologi serta algoritma untuk menyesuaikan materi, tingkat kesulitan, dan metode penyampaian yang sesuai dengan kebutuhan serta kemampuan setiap peserta didik secara individual [23]. Ciri utama *adaptive learning* adalah sebagai berikut.

1. Sistem *adaptive learning* menyesuaikan persoalan sesuai dengan kemampuan belajar peserta.
2. Algoritma dan data analitik digunakan untuk memetakan kekuatan individu sehingga soal dapat diberikan yang sesuai dengan kemampuan peserta.
3. Materi ataupun soal-soal yang diberikan ke setiap individu dapat berbeda tergantung pada perkembangan dan hasil evaluasi secara *real-time*.

Dalam sistem yang dibuat, *adaptive learning* diterapkan untuk tingkat kesulitan soal yang diberikan kepada anak. Tingkat kesulitan soal diukur berdasarkan jumlah jawaban benar dalam menjawab soal. Dalam mengimplementasikan *adaptive learning* ini dapat menggunakan algoritma *machine learning*.

Machine learning adalah suatu teknologi yang menjadikan suatu mesin untuk bisa belajar tanpa arahan dari manusia. Dengan *machine learning*, suatu mesin atau sistem dapat mempelajari berdasarkan data yang sudah ada atau belajar berdasarkan data yang ia peroleh sehingga mampu melakukan tugas tertentu [24].

Dengan cabang *machine learning*, maka *adaptive learning* tadi dapat diterapkan. Salah satu cabang ilmu *machine learning* adalah *reinforcement learning*. *Reinforcement learning* adalah salah satu teknik *machine learning* yang dirancang untuk melatih model komputer agar mampu mengambil serangkaian keputusan secara mandiri. Dalam metode ini, agen perangkat lunak (*software agent*) berinteraksi dengan lingkungannya untuk mencapai tujuan tertentu. Proses pembelajaran dilakukan dengan mekanisme *trial and error*. Setiap tindakan agen yang memberikan hasil yang positif akan diberi *reward* sedangkan untuk tindakan yang kurang tepat atau salah akan dikenai *penalty* [25].

Reinforcement learning memiliki beberapa komponen utama, yakni sebagai berikut [26].

1. Agen (*Agent*), yaitu entitas yang belajar dan mengambil tindakan
2. Lingkungan (*Environment*), yaitu dunia tempat agen beroperasi dan belajar.
3. Keadaan (*State*), yaitu representasi situasi lingkungan saat ini.
4. Tindakan (*Action*), yaitu pilihan yang diambil agen pada suatu keadaan.
5. Imbalan (*Reward*), yaitu umpan balik numerik yang diterima agen setelah melakukan tindakan.
6. Kebijakan (*Policy*), yaitu strategi atau aturan yang digunakan agen untuk memilih tindakan.
7. Fungsi Nilai (*Value Function*), yaitu estimasi keuntungan jangka panjang dari suatu keadaan atau tindakan.

8. Model Lingkungan (*Model*), yaitu representasi tentang bagaimana lingkungan bereaksi terhadap tindakan agen.

Reinforcement learning digunakan oleh sistem yang akan bertindak sebagai agen untuk mempelajari lingkungan pengerjaan soal oleh anak. Durasi pengerjaan anak dalam menjawab soal yang benar serta apakah jawaban anak benar/salah yang merupakan *state* dalam model *reinforcement learning* akan menjadi bahan belajar oleh agen atau sistem untuk mengambil tindakan atau *action* berikutnya, yaitu berupa tingkat kesulitan soal. Dengan demikian, sistem akan belajar secara otomatis dan belajar serta beradaptasi terus menerus terhadap lingkungannya untuk mengambil keputusan atau tindakan yang semakin membaik di masa mendatang. *Reinforcement learning* ini menjadikan agen dapat belajar secara mandiri tanpa pelatihan manual yang memakan waktu serta dapat mengoptimasi jangka panjang. Sehingga apabila terdapat pengembangan berkelanjutan sistem dapat terus belajar dan beradaptasi dalam penyesuaian dengan lingkungannya.

Salah satu algoritma populer yang digunakan pada *reinforcement learning* adalah *Q-Learning*. *Q-Learning* menggunakan sebuah tabel yang biasa disebut *Q-table* untuk menyimpan nilai (*Q-value*) dari setiap pasangan keadaan (*state*) dan aksi (*action*). Nilai *Q* ini merepresentasikan seberapa baik suatu aksi diambil pada keadaan tertentu, dengan tujuan memaksimalkan total *reward* jangka panjang.

Inti dari *Q-Learning* adalah proses *update* nilai *Q* menggunakan persamaan Bellman, sebagai berikut.

$$Q(s,a) = Q(s,a) + \alpha \times [R + \gamma \max_{a'} Q(s',a) - Q(s,a)] \dots\dots\dots (1.1)$$

Keterangan:

$Q(s,a)$: Nilai *Q* untuk *state* *s* dan aksi *a*

α : *Learning rate* (seberapa besar pembaruan nilai *Q*)

r : *Reward* yang didapat setelah melakukan aksi α di *state* *s*

γ : *Discount factor* (seberapa penting *reward* masa depan)

$\max Q(s',a)$: Nilai *Q* maksimum dari semua aksi di *state* berikutnya s'

Proses kerja *Q-Learning* adalah sebagai berikut.

1. Inisialisasi nilai *Q-table* dengan nilai awal (biasanya nol).
2. Selama proses belajar:
 - a. Agen mengamati *state* saat ini s .
 - b. Agen memilih aksi a .
 - c. Agen melakukan aksi, menerima *reward* r dan berpindah ke *state* baru s' .
 - d. *Update* nilai Q untuk pasangan (s, a) menggunakan rumus Bellman.
 - e. Ulangi proses sampai selesai (misal, sampai konvergen atau mencapai jumlah episode tertentu).

Algoritma *Q-Learning* ini lah yang akan diterapkan nanti di dalam sistem untuk menentukan tingkat kesulitan soal yang diberikan pada anak sehingga proses pembelajaran dapat lebih bervariasi.

Sebagai umpan balik terhadap anak, yakni mekanisme anak dalam melihat soal yang diberikan, melihat apakah jawaban mereka benar atau salah, serta melihat skor mereka, maka pada solusi ini akan menggunakan sebuah oled *display module* untuk menampilkan soal serta jawaban dan skor mereka. Selain itu menggunakan LED berwarna hijau untuk pemberitahuan jawaban benar dan LED berwarna merah untuk pemberitahuan jawaban salah.

1.2.2.2 Solusi 2: Permainan Menemukan Objek menggunakan Sensor Berat

Sistem permainan menemukan objek menggunakan sensor berat ini dirancang untuk melatih kemampuan kognitif dan menjaga mereka tetap fokus bagi anak-anak usia 5-7 tahun. Permainan menemukan objek ini membuat seorang anak harus fokus dalam menemukan angka dan huruf yang diminta oleh soal. Sehingga, anak dapat fokus untuk memikirkan dan menemukan jawabannya sekaligus melatih kemampuan kognitif mereka dengan permainan ini. Agar objek dapat ditemukan, maka digunakan sensor berat untuk mengukur berat dari objek yang sesuai dengan kata yang diminta. Sehingga objek-objek yang akan ditimbang merupakan objek benda nyata yang akan digunakan oleh anak untuk bermain sambil belajar. Misal,

ketika soal meminta anak untuk menemukan kata “BUKU” menggunakan 3 objek dengan diberitahu bahwa total beratnya adalah 11 gram, maka nanti akan diberikan daftar setiap objek dan huruf dengan bobotnya masing-masing. Misal, huruf B = 4 gram, huruf U = 1 gram, dan huruf K = 5 gram. Maka anak harus menimbang objek yang mewakili huruf B, U, K, dan U.

Sensor berat atau biasa dikenal dengan sensor berat adalah alat yang digunakan untuk mengukur suatu berat benda dengan mengubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Sensor berat dilengkapi dengan elemen sensor yang mampu mengukur deformasi dengan mengukur perubahan resistansi akibat deformasi. Perubahan resistansi tersebut lah yang diubah menjadi sinyal listrik sehingga didapatkan informasi terkait berat dari benda yang diukur [27].

Sensor berat merupakan media utama dalam permainan dikarenakan objek akan diukur beratnya menggunakan sensor ini. Objek yang akan digunakan dalam sistem ini diukur terlebih dahulu berat masing-masingnya untuk dijadikan sebagai angka yang akan dikombinasikan dalam pembuatan soal permainan di setiap variasinya. Objek yang digunakan adalah objek yang menarik bagi anak-anak misalkan buah-buahan. Objek tersebut lah yang akan digunakan oleh anak-anak untuk ditimbang dan didapatkan angka yang diminta oleh soal. Dengan objek yang memiliki berat yang bervariasi, maka proses anak dalam menemukan angka yang diminta akan membuat seorang anak melakukan kombinasi antara angka-angka pada berat benda serta operasi hitung dasar pada matematika. Sensor berat mampu mengukur berat benda lebih dari satu benda yang ditumpuk atau berada pada satu sensor berat yang sama. Sehingga tidak diperlukan sensor berat yang banyak untuk mengkombinasikan angka-angka.

Sistem ini nantinya memiliki sensor berat sebagai timbangan serta beberapa objek yang dikumpulkan untuk digunakan dalam permainan. Selain itu, sistem ini juga mengharuskan seorang anak untuk terdaftar dalam sistem dengan melakukan pendaftaran melalui halaman *website*. Durasi bermain serta skor jawaban benar dapat dilihat pada halaman *website* yang telah dibuat sebagai antarmuka. Apabila

anak salah satu kali dalam menjawab soal, maka akan diberikan kesempatan menjawab soal dua kali lagi dan jika masih salah maka akan langsung pindah ke soal berikutnya.

Sistem ini juga mengadaptasi *adaptive learning* untuk menentukan tingkat kesulitan soal. *Adaptive learning* ini dapat diimplementasikan menggunakan *machine learning* pada cabang ilmu *reinforcement learning* seperti yang dijelaskan pada bagian 1.2.2.1. Solusi 1. Berdasarkan parameter banyaknya jumlah benar dalam menjawab soal akan menjadi data dalam model *reinforcement learning* yang dibuat untuk memprediksi soal berikutnya.

Dengan menggunakan sensor berat, anak-anak akan terlibat dengan objek nyata dan anak dapat merasakan langsung hubungan berat benda dengan besarnya nilai suatu bilangan. Semakin besar nilai suatu bilangan maka kuantitasnya akan semakin besar sehingga benda terasa lebih berat. Selain itu, operasi hitung dasar anak juga dilatih untuk menemukan angka yang tepat berdasarkan soal yang diminta.

Sebagai antarmuka atau umpan balik yang diterima oleh anak ketika mereka akan menjawab soal, pemberitahuan terkait jawaban benar atau salah, serta skor hasil bermain setiap satu kali sesi adalah menggunakan *OLED display module* yang terpasang pada alat untuk dapat dilihat oleh anak.

1.2.2.3 Solusi 3: Permainan Menemukan Angka dan Kata menggunakan Kamera berbasis *Computer Vision*

Sistem permainan menemukan angka dan kata menggunakan kamera ini dirancang untuk melatih kemampuan kognitif dan menjaga mereka tetap fokus bagi anak-anak usia 5-7 tahun. Permainan menemukan angka dan kata ini membuat seorang anak harus fokus dalam menemukan angka dan huruf yang diminta oleh soal. Sehingga, anak dapat fokus untuk memikirkan dan menemukan jawabannya sekaligus melatih kemampuan kognitif mereka dengan permainan ini. Permainan ini menggunakan kartu sebagai objek benda nyata yang akan digunakan oleh anak-anak untuk bermain sambil belajar.

Kamera dikenal sebagai benda atau alat yang mampu menangkap suatu objek nyata dan menyimpannya sebagai gambar. Dengan demikian, kamera dalam sistem ini berperan sebagai alat yang dapat menangkap angka dan huruf untuk dikombinasikan dan dioperasikan sehingga angka dan huruf yang diminta dapat ditemukan. Pada sistem yang dirancang ini, objek yang akan ditangkap oleh kamera adalah objek angka dan huruf yang dibentuk atau dianimasikan dari sayuran atau buah-buahan. Angka dan huruf yang dianimasikan dari sayuran atau buah-buahan dipilih dikarenakan animasi adalah sesuatu yang menarik bagi anak-anak. Apabila anak salah satu kali dalam menjawab soal, maka akan diberikan kesempatan menjawab soal dua kali lagi dan jika masih salah maka akan langsung pindah ke soal berikutnya.

Kamera akan menangkap objek angka dan huruf tersebut dan akan mengoperasikan kombinasinya untuk mendapatkan angka dan huruf yang ditemukan. Agar sistem mengetahui angka berapa yang dimasukkan melalui hasil tangkapan kamera, digunakan suatu algoritma *deep learning* berbasis *computer vision*. *Deep learning* merupakan cabang ilmu *machine learning* yang menggunakan teknologi jaringan saraf tiruan untuk meniru cara kerja otak manusia dalam memproses data dan membuat keputusan. Salah satu implementasi dari *deep learning* adalah pada *computer vision*. *Computer vision* merupakan cabang ilmu yang memungkinkan komputer dan sistem dapat melihat kemudian memproses gambar atau video layaknya penglihatan manusia. Melalui *computer vision*, komputer dapat mengolah informasi berdasarkan gambar atau video yang dibaca dan dapat memberikan keputusan atau suatu hasil bermakna melalui informasi tersebut.

Salah satu algoritma berbasis *computer vision* yang dapat digunakan adalah CNN (*Convolutional Neural Network*). CNN adalah jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk pengolahan data berbentuk gambar dan citra yang sangat populer dalam bidang *deep learning*, khususnya untuk klasifikasi gambar, deteksi objek, segmentasi citra, dan pengenalan pola visual [28].

Pada arsitekturnya, CNN terdiri dari tiga komponen utama yakni sebagai berikut.

1. *Convolutional Layer*

Layer ini merupakan lapisan inti yang mengekstraksi fitur dari gambar menggunakan filter (kernel). Filter ini bergerak di atas gambar (*input*) dan menghasilkan *feature map*, mengidentifikasi fitur-fitur sederhana seperti tepi, sudut, dan pola tekstur [29]. Ada tiga *hyperparameter* yang memengaruhi ukuran volume hasil yang perlu ditetapkan sebelum melatih model CNN, yaitu sebagai berikut.

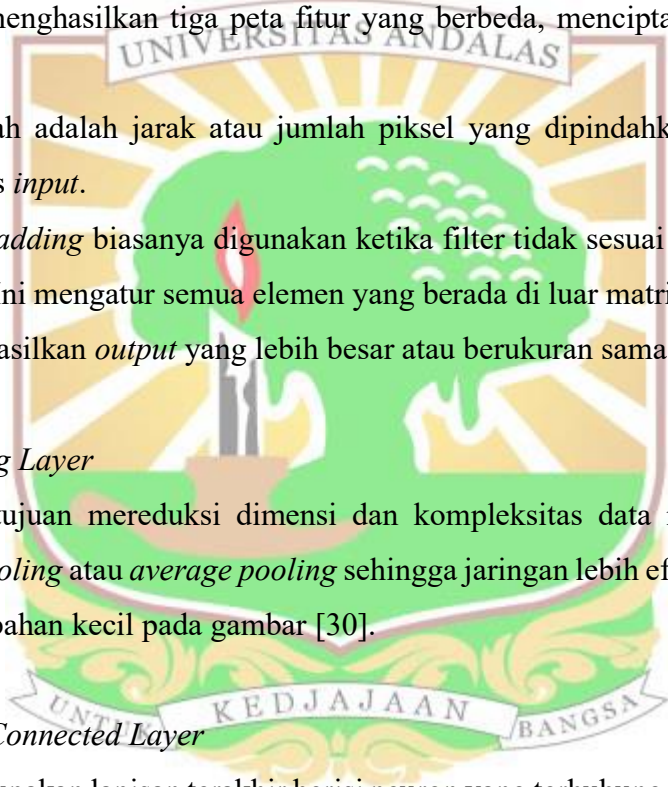
- a. Jumlah Filter memengaruhi kedalaman *output*. Misalnya, tiga filter berbeda akan menghasilkan tiga peta fitur yang berbeda, menciptakan kedalaman tiga.
- b. Langkah adalah jarak atau jumlah piksel yang dipindahkan kernel pada matriks *input*.
- c. *Zero-padding* biasanya digunakan ketika filter tidak sesuai dengan gambar *input*. Ini mengatur semua elemen yang berada di luar matriks *input* ke nol, menghasilkan *output* yang lebih besar atau berukuran sama.

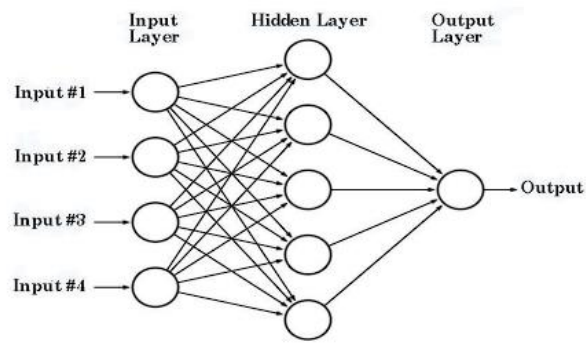
2. *Pooling Layer*

Layer ini bertujuan mereduksi dimensi dan kompleksitas data melalui operasi seperti *max pooling* atau *average pooling* sehingga jaringan lebih efisien dan *robust* terhadap perubahan kecil pada gambar [30].

3. *Fully Connected Layer*

Layer ini merupakan lapisan terakhir berisi neuron yang terhubung penuh, bertugas mengolah hasil ekstraksi fitur menjadi *output* akhir seperti prediksi kelas pada klasifikasi gambar.





Gambar 1. 1 *Fully Connected Layer*

Layer ini melakukan tugas klasifikasi berdasarkan fitur yang diekstraksi melalui lapisan sebelumnya dan filter yang berbeda. Lapisan ini biasanya memanfaatkan fungsi aktivasi *softmax* untuk mengklasifikasikan *input* dengan tepat, menghasilkan probabilitas dari 0 hingga 1.

Dengan menggunakan CNN sebagai algoritma berbasis *computer vision* dalam sistem yang dikembangkan, maka gambar-gambar angka berupa animasi dapat dilatih sehingga sistem dapat mengenali angka-angka dan huruf. Dengan pengambilan gambar angka menggunakan kamera lalu dilanjutkan dengan pra pemrosesan serta analisis citra untuk mengenali angka dan huruf, maka sistem dapat mengenal gambar angka dan huruf yang dapat dimasukkan oleh anak sebagai *input* sehingga dapat diproses dan dihitung untuk mendapatkan jawaban. Kecepatan pembacaan serta proses komputasi tergantung pada algoritma serta perangkat yang digunakan.

Pada solusi ini juga tetap memanfaatkan metode *adaptive learning* dengan menggunakan *reinforcement learning* untuk menciptakan sistem bermain yang tingkat kesulitan soalnya dapat bervariasi berdasarkan performa anak dalam bermain.

Sebelum sistem ini digunakan, seorang anak harus sudah dipastikan terdaftar pada sebuah halaman *website* yang nantinya digunakan sebagai antarmuka. Ketika mendaftarkan akun yang akan diisi oleh orang tua akan dimintai mengisi nama anak serta umur anak. Selain itu, halaman *website* juga digunakan untuk melihat skor

benar seorang anak selama bermain dalam satu kali sesi. Apabila anak salah satu kali dalam menjawab soal, maka akan diberikan kesempatan menjawab soal dua kali lagi dan jika masih salah maka akan langsung pindah ke soal berikutnya. *Website* digunakan sebagai sistem untuk melihat *progress* mereka apakah ada peningkatan atau tidak.

Dengan menggunakan sistem ini, anak juga tetap terlibat dengan objek nyata dan mampu melatih dan menjaga fokus menggunakan kamera. Pada solusi ini, mekanisme umpan balik ialah soal yang diberikan, jawaban yang diberikan oleh anak, dan skor akan ditampilkan pada *website* yang sudah dirancang. Dalam pemberitahuan apakah jawaban anak benar atau salah akan menggunakan *output* berupa suara.

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Berikut merupakan analisis usulan solusi menggunakan *House of Quality* untuk kebutuhan dari solusi yang diajukan.



Tabel 1. 3 *House of Quality* Subsystem Pembelajaran Berbasis Permainan

	House of Quality			Fitur Dasar						Total	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
				↑	↑	↑	↑	↓	↑				
	● = Hubungan Kuat (5) ○ = Hubungan Biasa (3) △ = Hubungan Kurang (1) ↑ = Prioritas ↓ = Tidak Prioritas	Importance Rating (1=low, 5=high)	Percent of Importance Rating	Sensing Capability	Data Processing	Computing Method	Performance Tracker	Practical Engagement	Feedback Mechanism				
Konstrain	Konstrain Kemampuan Kognitif	5	28%	○	●						●	○	●
	Konstrain Rentang Fokus Anak	5	28%	●		○	○	●	△		●	●	●
	Konstrain Lingkungan Penggunaan	3	16%	○				○			●	△	○
	Konstrain Etika, Privasi, dan Keamanan Anak	5	28%	●				●	○		○	△	△
Importance Rating				74	25	15	15	59	20	208	80	48	64
Percent of Importance				36%	12%	7%	7%	28%	10%	100%	42%	25%	33%
Solusi 1				●	●	●	●	○	●	4.44			
Solusi 2				○	○	●	●	●	○	3.84			
Solusi 3				○	○	●	●	○	●	3.48			

Berdasarkan hasil analisa menggunakan HoQ dari 3 usulan solusi yang diberikan, didapatkan rincian hasil HoQ sebagai berikut.

Solusi 1:

$$(5 \times 36\%) + (5 \times 12\%) + (5 \times 7\%) + (5 \times 7\%) + (3 \times 28\%) + (5 \times 10\%) = 4.44$$

Solusi 2:

$$(3 \times 36\%) + (3 \times 12\%) + (5 \times 7\%) + (5 \times 7\%) + (5 \times 28\%) + (3 \times 10\%) = 3.84$$

Solusi 3:

$$(3 \times 36\%) + (3 \times 12\%) + (5 \times 7\%) + (5 \times 7\%) + (3 \times 28\%) + (5 \times 10\%) = 3.48$$

Rincian hasil HoQ yang didapatkan dari hubungan kebutuhan sistem dan pengguna adalah sebagai berikut.

a. *Sensing Capability* (Panah atas, Prioritas)

Fitur ini menjadi prioritas dikarenakan solusi yang diusulkan atau alat yang akan dibuat harus mampu mendeteksi dan mengenali *input* berupa angka dan huruf agar dapat dikenali oleh sistem. Dengan mengedepankan akurasi dan ketepatan pembacaan nilai-nilai *input* maka alat yang dibuat sebagai solusi yang diusulkan dapat memberikan dampak dan memenuhi kebutuhan pengguna.

b. *Data Processing* (Panah atas, Prioritas)

Fitur ini merupakan fitur yang krusial dikarenakan pada pemrosesan data-data *input* yaitu berupa huruf dan angka perhitungan dan pemrosesan data dari variabel lainnya seperti durasi dan jumlah benar (skor) haruslah tepat untuk menghasilkan luaran yang diharapkan, yaitu dapat menghitung jawaban dengan benar dan dapat memunculkan variasi soal serta tingkat kesulitan yang berbeda-beda. Oleh sebab itu lah fitur ini diberi prioritas.

c. *Computing Method* (Panah atas, Prioritas)

Fitur ini menjadi prioritas dikarenakan data-data berupa masukan atau *input* serta data yang sudah diproses akan diproses kembali oleh metode komputasi untuk mendapatkan hasil sesuai dengan kebutuhan alat. *Computing method* pada setiap solusi yang diberikan digunakan untuk memberikan level kesulitan yang berbeda-beda yang mana hal tersebut menjadi kebutuhan dari sistem.

d. *Performance Tracker* (Panah atas, Prioritas)

Fitur ini juga menjadi prioritas dikarenakan untuk mendapatkan hasil yang baik serta untuk mencapai kebutuhan sistem dalam memberikan level kesulitan yang berbeda, maka sistem harus mampu melakukan pelacakan performa bermain anak dengan menghitung jumlah benar (skor) mereka dalam menjawab soal sebagai parameter untuk menentukan level kesulitan berikutnya.

e. *Practical Engagement* (Panah bawah, Tidak prioritas)

Setiap solusi yang diberikan melibatkan anak langsung dengan benda nyata walau jenis bendanya berbeda-beda. Fitur ini tidak diprioritaskan dikarenakan benda nyata apapun yang digunakan, tidak terlalu memengaruhi kinerja keseluruhan sistem dikarenakan prioritas utama sistem adalah pada bagian *processing* untuk mencapai semua kebutuhan pengguna. Oleh sebab itu, fitur ini tidak terlalu diprioritaskan tetapi tetap ada untuk semua solusi yang ditawarkan.

f. *Feedback Mechanism* (Panah atas, Prioritas)

Fitur ini menjadi prioritas karena mekanisme umpan balik yang baik akan memberikan pengalaman yang baik juga bagi anak sehingga dapat meningkatkan pengalaman mereka dalam mengembangkan kemampuan kognitif mereka dan menjaga fokus anak. Selain itu, *feedback* yang jelas akan memberikan informasi yang lebih bagus dan terstruktur sehingga memudahkan pengguna untuk memahami informasi yang ada. Oleh sebab itu lah fitur ini menjadi prioritas dalam sistem yang dibuat.

Analisis Solusi Terhadap Fitur Dasar

1. Solusi 1: Permainan Menemukan Angka dan Kata menggunakan Kartu RFID

Sensing Capability (Hubungan Kuat)

Pemilihan sensor tertentu memengaruhi kapabilitas dalam mendeteksi angka dan huruf sebagai *input*. Solusi ini menggunakan kartu RFID sebagai media untuk mendeteksi huruf dan angka. Diberikan hubungan kuat karena kemampuan pembacaan huruf dan angka matematika dari kartu RFID memiliki kapabilitas yang baik.

Data Processing (Hubungan Kuat)

Pemrosesan data dalam solusi ini adalah pemrosesan data huruf dan angka dari kartu RFID serta data lainnya seperti durasi dan jumlah benar (skor) dalam menjawab. Solusi ini tidak memiliki pemrosesan data yang kompleks

dikarenakan data didapatkan dari kartu RFID yang mudah untuk dibaca nilainya sehingga diberi hubungan kuat.

Computing Method (Hubungan Kuat)

Solusi ini menggunakan algoritma *Q-Learning* untuk menentukan kesulitan soal dalam menentukan tingkat kesulitan soal berdasarkan performa anak sehingga metode komputasi ini menjadi prioritas dalam solusi ini. Oleh karena itu diberi hubungan kuat.

Performance Tracker (Hubungan Kuat)

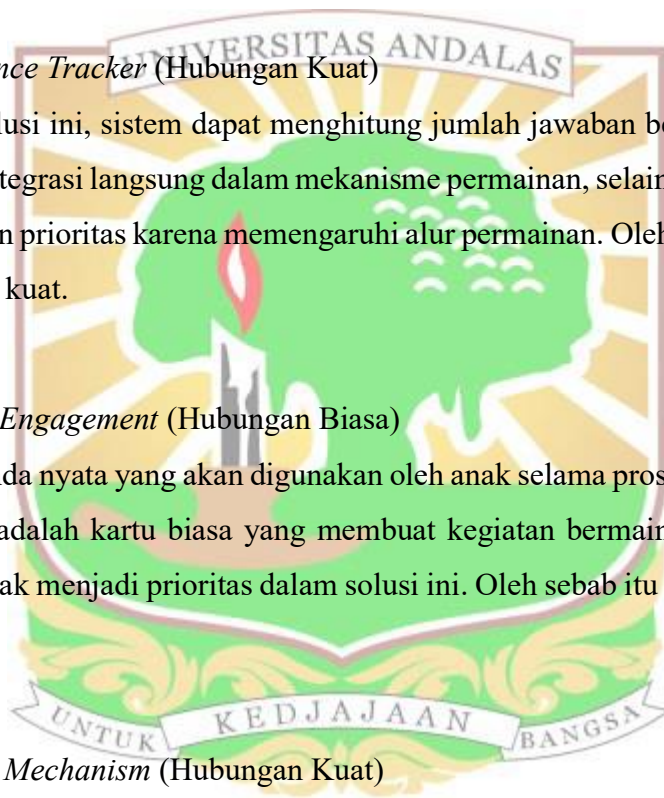
Dalam solusi ini, sistem dapat menghitung jumlah jawaban benar (skor) anak yang terintegrasi langsung dalam mekanisme permainan, selain itu fitur ini juga merupakan prioritas karena memengaruhi alur permainan. Oleh sebab itu diberi hubungan kuat.

Practical Engagement (Hubungan Biasa)

Objek benda nyata yang akan digunakan oleh anak selama proses bermain pada dasarnya adalah kartu biasa yang membuat kegiatan bermain tetap interaktif namun tidak menjadi prioritas dalam solusi ini. Oleh sebab itu diberi hubungan biasa.

Feedback Mechanism (Hubungan Kuat)

Mekanisme umpan balik dalam solusi ini adalah menggunakan *display module* untuk menampilkan soal yang diberikan, jawaban oleh anak, serta skor bermain setelah satu kali sesi. Selain itu penggunaan LED berwarna hijau dan merah sebagai notifikasi untuk jawaban benar dan salah. Diberi hubungan kuat karena solusi ini mekanisme yang sederhana, mudah dipahami oleh anak, dan menarik. Selain itu, dengan mekanisme umpan balik dalam solusi ini tetap menjaga anak minim *screentime* selama proses bermain.



2. Solusi 2: Permainan Menemukan Objek menggunakan Sensor Berat

Sensing Capability (Hubungan Biasa)

Pemilihan sensor tertentu memengaruhi kapabilitas dalam mendeteksi angka sebagai nilai *input*. Solusi ini menggunakan sensor berat sebagai media untuk mendeteksi angka dan memanfaatkan objek nyata yang memiliki berat yang berbeda-beda sebagai logika untuk operator matematika. Diberikan hubungan biasa karena kemampuan pembacaan angka melalui sensor berat dapat dilakukan, tetapi proses kalibrasi sensor yang cukup susah untuk mendapatkan hasil pembacaan yang baik.

Data Processing (Hubungan Biasa)

Pemrosesan data dalam solusi ini adalah pemrosesan data angka dan operator dari sensor berat serta data lainnya seperti jumlah benar (skor) dalam menjawab. Solusi ini memang tidak memiliki pemrosesan data yang terlalu kompleks namun cukup memengaruhi hasil akhir karena data yang diproses dari sensor berat cukup susah untuk mendapatkan data yang tepat. Oleh sebab itu diberi hubungan biasa.

Computing Method (Hubungan Kuat)

Solusi ini menggunakan algoritma *Q-Learning* untuk menentukan kesulitan soal dalam menentukan tingkat kesulitan soal berdasarkan performa anak sehingga metode komputasi ini menjadi prioritas dalam solusi ini. Oleh karena itu diberi hubungan kuat.

Performance Tracker (Hubungan Kuat)

Dalam solusi ini, sistem dapat menghitung jumlah jawaban benar (skor) anak yang terintegrasi langsung dalam mekanisme permainan, selain itu fitur ini juga merupakan prioritas karena memengaruhi alur permainan. Oleh sebab itu diberi hubungan kuat.

Practical Engagement (Hubungan Kuat)

Objek benda nyata yang akan digunakan oleh anak selama proses bermain menggunakan objek-objek tertentu yang berat setiap objeknya akan didesain berbeda sehingga memberikan pengalaman yang menarik bagi anak-anak dengan objek-objek tersebut. Oleh sebab itu diberi hubungan kuat.

Feedback Mechanism (Hubungan Biasa)

Mekanisme umpan balik dalam solusi ini adalah menggunakan *display module* untuk menampilkan soal yang diberikan, jawaban oleh anak, pemberitahuan jawaban benar atau salah serta skor bermain setelah satu kali sesi. Diberi hubungan biasa karena solusi ini memang memiliki mekanisme yang sederhana, mudah dipahami oleh anak, dan jelas tersampaikan serta tetap minim *screentime* sebagai nilai tambah.

3. Solusi 3: Permainan Menemukan Angka dan Kata menggunakan Kamera berbasis *Computer Vision*

Sensing Capability (Hubungan Biasa)

Pemilihan sensor tertentu memengaruhi kapabilitas dalam mendeteksi huruf dan angka sebagai nilai *input*. Diberikan hubungan biasa karena kemampuan pembacaan angka melalui kamera dapat dilakukan, tetapi proses *training* juga menentukan akurasi dan ketepatan dalam pembacaan angka.

Data Processing (Hubungan Biasa)

Pemrosesan data dalam solusi ini adalah pemrosesan data angka dan huruf dari kamera dan jumlah benar (skor) dalam menjawab. Solusi ini memiliki pemrosesan data yang cukup kompleks karena data angka diambil dari pembacaan gambar angka yang ditangkap oleh kamera sehingga memengaruhi hasil akhir karena data yang diproses dari kamera apabila tidak menjalani *training* yang baik maka akan memengaruhi akurasi pembacaan data yang juga berpengaruh terhadap pemrosesan data. Oleh sebab itu diberi hubungan biasa.

Computing Method (Hubungan Kuat)

Solusi ini menggunakan algoritma *Q-Learning* untuk menentukan kesulitan soal dalam menentukan tingkat kesulitan soal berdasarkan performa anak sehingga metode komputasi ini menjadi prioritas dalam solusi ini. Selain menggunakan *Q-Learning*, pada solusi ini juga menggunakan algoritma CNN untuk mengolah citra gambar angka untuk membaca angka dari gambar. Oleh karena itu diberi hubungan kuat.

Performance Tracker (Hubungan Kuat)

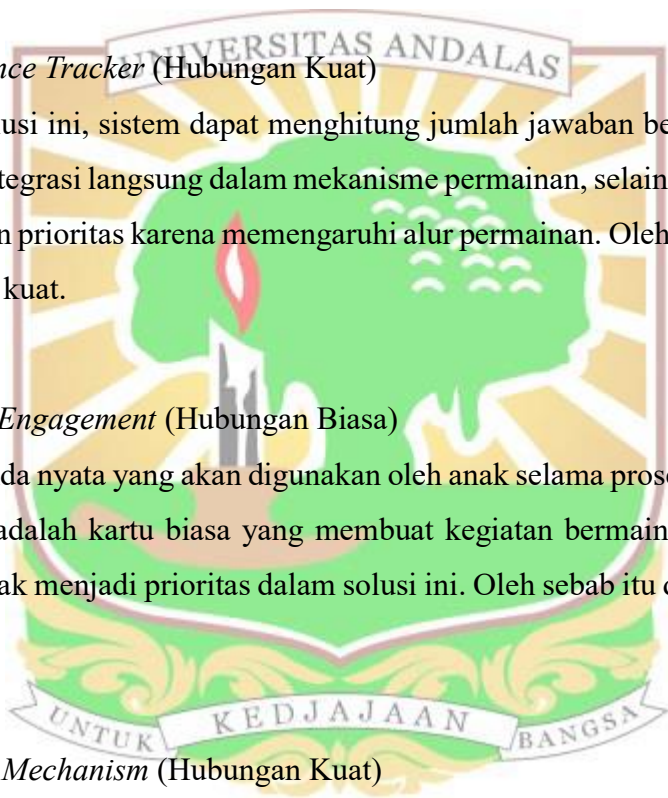
Dalam solusi ini, sistem dapat menghitung jumlah jawaban benar (skor) anak yang terintegrasi langsung dalam mekanisme permainan, selain itu fitur ini juga merupakan prioritas karena memengaruhi alur permainan. Oleh sebab itu diberi hubungan kuat.

Practical Engagement (Hubungan Biasa)

Objek benda nyata yang akan digunakan oleh anak selama proses bermain pada dasarnya adalah kartu biasa yang membuat kegiatan bermain tetap interaktif namun tidak menjadi prioritas dalam solusi ini. Oleh sebab itu diberi hubungan biasa.

Feedback Mechanism (Hubungan Kuat)

Mekanisme umpan balik dalam solusi ini adalah menggunakan LCD yang menampilkan *website* untuk menampilkan soal yang diberikan, jawaban oleh anak, serta skor bermain setelah satu kali sesi. Selain itu penggunaan suara yang dikeluarkan dari sistem untuk memberitahu anak apakah jawaban yang mereka berikan benar atau salah. Diberi hubungan kuat karena solusi ini memang memiliki mekanisme yang sederhana, mudah dipahami oleh anak, dan menarik dengan menampilkan halaman *website* yang *interface* nya menarik serta penggunaan suara untuk membangkitkan semangat anak.



Analisis Solusi terhadap Konstrain

1. Solusi 1: Permainan Menemukan Angka dan Kata menggunakan Kartu RFID

Konstrain Kemampuan Kognitif (Hubungan Kuat)

Hubungan antara konstrain ini diberi hubungan kuat dengan solusi ini dikarenakan pada konstrain ini berfokus pada bagaimana kemampuan kognitif anak dapat dilatih sesuai dengan rentang umur subjek yang berkaitan dengan huruf dan angka. Solusi ini menawarkan metode permainan menemukan angka dan kata menggunakan kartu yang nantinya akan diberikan pertanyaan sederhana yang sesuai dengan umur mereka.

Konstrain Rentang Fokus Anak (Hubungan Kuat)

Hubungan antara konstrain ini dengan solusi ini diberi hubungan kuat dikarenakan pada solusi ini memiliki sistematika dimana dalam satu kali sesi hanya akan memiliki durasi maksimal 20 menit sesuai dengan durasi fokus ideal pada anak. Dengan adanya sistematika tersebut, maka konsep permainan dibuat menyesuaikan dengan durasi fokus yang ideal pada anak usia 5-7 tahun sehingga diberi hubungan kuat.

Konstrain Lingkungan Penggunaan (Hubungan Kuat)

Konstrain ini berfokus pada bagaimana lingkungan penggunaan alat memengaruhi fokus atau distraksi anak termasuk juga bagaimana alat itu sendiri akan memecah atau menjaga fokus anak. Diberi hubungan kuat dikarenakan solusi ini didesain sederhana yang tidak menghasilkan banyak distraksi seperti visual yang mencolok atau suara yang dapat memecahkan fokus anak. Harapannya dengan solusi ini adalah anak akan fokus dikarenakan permainan kemampuan kognitifnya, bukan terfokus pada desain alatnya.

Konstrain Etika, Privasi, dan Keamanan Anak (Hubungan Biasa)

Konstrain ini berfokus pada bagaimana data anak aman serta bagaimana keamanan anak selama bermain menggunakan alat yang dibuat berdasarkan standar yang sudah diatur, yaitu pada ISO 8124. Diberi hubungan biasa dikarenakan dalam solusi ini memerlukan *input* data anak seperti nama dan umur yang biasanya bagi orang tua itu adalah hal yang privasi. Namun, dalam solusi ini menggunakan bahan serta material yang aman untuk anak sehingga keamanan anak dapat terjaga. Oleh sebab itu diberi hubungan biasa.

2. Solusi 2: Permainan Menemukan Objek menggunakan Sensor Berat

Konstrain Kemampuan Kognitif (Hubungan Biasa)

Hubungan antara konstrain ini diberi hubungan biasa dengan solusi ini dikarenakan pada konstrain ini berfokus pada bagaimana kemampuan kognitif anak dapat dilatih sesuai dengan rentang umur subjek yang berkaitan dengan huruf dan angka. Namun, di satu sisi solusi ini menawarkan metode permainan menemukan angka dan kata menggunakan benda yang akan diukur beratnya terlebih dahulu untuk menjawab pertanyaan. Pengukuran benda menggunakan sensor berat dalam solusi ini cukup *tricky* dikarenakan kalibrasi pada sensor ini cukup susah sehingga berpotensi tidak mencapai pelatihan kemampuan kognitif yang sesuai dengan rentang umur 5-7 tahun.

Konstrain Rentang Fokus Anak (Hubungan Kuat)

Hubungan antara konstrain ini dengan solusi ini diberi hubungan kuat dikarenakan pada solusi ini memiliki sistematika dimana dalam satu kali sesi hanya akan memiliki durasi maksimal 20 menit sesuai dengan durasi fokus ideal pada anak. Dengan adanya sistematika tersebut, maka konsep permainan dibuat menyesuaikan dengan durasi fokus yang ideal pada anak usia 5-7 tahun sehingga diberi hubungan kuat.

Konstrain Lingkungan Penggunaan (Hubungan Kurang)

Konstrain ini berfokus pada bagaimana lingkungan penggunaan alat memengaruhi fokus atau distraksi anak termasuk juga bagaimana alat itu sendiri akan memecah atau menjaga fokus anak. Diberi hubungan kurang dikarenakan solusi ini melibatkan banyak benda dan desain alat yang cukup unik sehingga berpotensi untuk memecah fokus anak. Anak akan lebih fokus dengan alat daripada dengan sistematika permainan kemampuan kognitifnya.

Konstrain Etika, Privasi, dan Keamanan Anak (Hubungan Kurang)

Konstrain ini berfokus pada bagaimana data anak aman serta bagaimana keamanan anak selama bermain menggunakan alat yang dibuat berdasarkan standar yang sudah diatur, yaitu pada ISO 8124. Diberi hubungan kurang dikarenakan dalam solusi ini memerlukan *input* data anak seperti nama dan umur yang biasanya bagi orang tua itu adalah hal yang privasi. Selain itu, dalam solusi ini menggunakan bahan serta material seperti logam untuk sensor berat dan objek-objek lain yang berpotensi tidak cukup aman untuk anak-anak.

3. Solusi 3: Permainan Menemukan Angka dan Kata menggunakan Kamera berbasis *Computer Vision*

Konstrain Kemampuan Kognitif (Hubungan Kuat)

Hubungan antara konstrain ini diberi hubungan kuat dengan solusi ini dikarenakan pada konstrain ini berfokus pada bagaimana kemampuan kognitif anak dapat dilatih sesuai dengan rentang umur subjek yang berkaitan dengan huruf dan angka. Solusi ini menawarkan metode permainan menemukan angka dan kata menggunakan kartu yang nantinya akan diberikan pertanyaan sederhana yang sesuai dengan umur mereka.

Konstrain Rentang Fokus Anak (Hubungan Kuat)

Hubungan antara konstrain ini dengan solusi ini diberi hubungan kuat dikarenakan pada solusi ini memiliki sistematika dimana dalam satu kali sesi hanya akan memiliki durasi maksimal 20 menit sesuai dengan durasi fokus ideal pada anak.

Dengan adanya sistematika tersebut, maka konsep permainan dibuat menyesuaikan dengan durasi fokus yang ideal pada anak usia 5-7 tahun sehingga diberi hubungan kuat.

Konstrain Lingkungan Penggunaan (Hubungan Biasa)

Konstrain ini berfokus pada bagaimana lingkungan penggunaan alat memengaruhi fokus atau distraksi anak termasuk juga bagaimana alat itu sendiri akan memecah atau menjaga fokus anak. Diberi hubungan biasa dikarenakan solusi ini didesain cukup menarik. Harapannya dengan solusi ini adalah anak akan fokus dikarenakan permainan kemampuan kognitifnya, bukan terfokus pada desain alatnya. Namun, dikarenakan ada potensi anak akan cenderung tertarik dengan desain alatnya, hal tersebut mengubah fokus mereka ke desain alat bukan pada permainan kemampuan kognitifnya. Oleh sebab itu diberi hubungan biasa.

Konstrain Etika, Privasi, dan Keamanan Anak (Hubungan Kurang)

Konstrain ini berfokus pada bagaimana data anak aman serta bagaimana keamanan anak selama bermain menggunakan alat yang dibuat berdasarkan standar yang sudah diatur, yaitu pada ISO 8124. Diberi hubungan kurang dikarenakan dalam solusi ini memerlukan *input* data anak seperti nama dan umur yang biasanya bagi orang tua itu adalah hal yang privasi. Selain itu, dalam solusi ini menggunakan kamera yang pada saat pemakaiannya nanti data biometrik anak dapat ter-*capture*. Namun, bukan berarti tidak memiliki keamanan data dan privasi sama sekali, Oleh sebab itu diberi hubungan kurang.