

TalkieBuddy : Generative AI-Driven Interactive Doll for Advancing Children's Verbal Skills

Desinta Yamasan Rusli¹, Chintya Angel King², Charlene Silver³, Priscilla⁴, Ade Maulana^{5*}

^{1,2,3,4}Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Pelita Harapan, Medan, Indonesia

⁵Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Pelita Harapan, Medan, Indonesia

Email: ¹03081230061@student.uph.edu, ²03081230066@student.uph.edu, ³03081230004@student.uph.edu,

⁴03082230008@student.uph.edu, ^{5*}ade.maulana@lecturer.uph.edu

ABSTRACT

Speech delay remains a major developmental issue among preschool children, with one contributing factor being parents' limited time to provide consistent language stimulation. This study developed TalkieBuddy, an interactive teddy bear powered by Internet of Things technology and generative artificial intelligence, designed to stimulate children's speaking skills while enhancing parental involvement. The system captures children's speech through a microphone, converts it into text using a speech-to-text module, processes it with a large language model (LLM) enriched by educational and psychological literature, and generates responses that are converted back into speech via text-to-speech. All interactions are synchronized with a mobile application, enabling parents to monitor progress through a dashboard, manage child profiles, adjust conversational styles, and access parenting articles. Functional testing confirmed that communication between the device, cloud services, and mobile application operated as intended, with minor limitations in noisy environments. Field trials involving seven preschool children, three parents, and four teachers demonstrated increased speaking confidence, more active responses, and significant parental benefits through the monitoring feature. This study concludes that TalkieBuddy has strong potential as an innovative solution for early language stimulation while reducing children's reliance on screen-based devices.

Keywords: Speech Delay, Generative AI, Iot, Interactive Doll, Verbal Development.

ABSTRAK

Keterlambatan bicara masih menjadi masalah perkembangan utama pada anak usia prasekolah, dengan salah satu penyebab penting adalah keterbatasan waktu orang tua untuk melakukan stimulasi bahasa secara rutin. Penelitian ini mengembangkan TalkieBuddy, boneka interaktif berbasis *Internet of Things* yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan generatif, dirancang untuk menstimulasi keterampilan bicara anak sekaligus mendukung keterlibatan orang tua. Sistem menangkap suara anak melalui mikrofon, mengubahnya menjadi teks menggunakan modul *speech-to-text*, memprosesnya dengan *large language model* (LLM) yang diperkaya literatur pendidikan dan psikologi anak, kemudian menghasilkan respons yang dikonversi kembali menjadi suara melalui *text-to-speech*. Seluruh interaksi disinkronkan dengan aplikasi *mobile*, yang memungkinkan orang tua memantau perkembangan anak melalui *dashboard monitoring*, mengelola profil anak, menyesuaikan gaya komunikasi boneka, dan mengakses artikel *parenting*. Hasil pengujian fungsional menunjukkan komunikasi antara perangkat, layanan *cloud*, dan aplikasi berjalan sesuai rancangan, meskipun terdapat keterbatasan dalam pengenalan suara di lingkungan bising. Uji coba lapangan melibatkan tujuh anak prasekolah, tiga orang tua, dan empat guru, yang memperlihatkan peningkatan kepercayaan diri anak dalam berbicara, respons yang lebih aktif, serta manfaat signifikan bagi orang tua dalam pemantauan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa TalkieBuddy berpotensi menjadi solusi inovatif untuk stimulasi bahasa anak, sekaligus membantu mengurangi ketergantungan pada gawai berbasis layar.

Kata Kunci: Keterlambatan Bicara, Generative AI, Iot, Boneka Interaktif, Perkembangan Verbal Anak.

1. Pendahuluan

Menurut laporan Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI), angka keterlambatan bicara pada anak prasekolah mencapai 5-8% [1], Hasil penelitian lain juga menyebutkan, dalam rentang waktu penelitian bulan Desember 2023, pada anak usia 2-5 tahun pada bulan Januari-Desember 2022 di sebuah rumah sakit ditemukan bahwa 65 rekam medis anak mengalami gejala *speech delay* [2]. *Speech delay* atau yang dikenal dengan keterlambatan bicara merupakan salah satu masalah gangguan pertumbuhan yang sering ditemukan pada anak usia pra-sekolah. Gangguan ini ditandai oleh kemampuan berbicara yang berkembang di bawah standar usia perkembangan, baik dari segi jumlah kosakata, pelafalan, maupun struktur kalimat [3].

Periode emas mengacu pada sebuah fase dalam masa pertumbuhan yang dilalui oleh anak-anak dimana kemampuan kognitif dan komunikasi mengalami perkembangan signifikan dan krusial [4]. Pada fase ini, otak anak berkembang dengan sangat cepat dan responsif terhadap berbagai stimulasi yang diberikan oleh lingkungan sekitarnya [5], yang menjadi faktor utama dalam mendukung kemampuan bicara. Namun, pada kenyataannya tidak semua anak mampu melalui periode emas ini secara optimal yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam berbicara.

Salah satu faktor penyebab *speech delay* adalah meningkatnya durasi *screen time*, terutama pada anak usia dini yang belum memiliki kemampuan menyaring informasi secara kognitif. Penelitian dari [6] menunjukkan bahwa anak-anak yang menggunakan gadget lebih dari dua jam setiap hari memiliki risiko tiga kali lebih besar mengalami *speech delay* dibandingkan anak yang *screen time*-nya dibatasi. Interaksi pasif seperti menonton video secara berlebihan tanpa keterlibatan komunikasi dua arah dapat menghambat proses pembelajaran bahasa pada anak di dalam otak [7]. Selain itu, peningkatan *screen time* juga dapat menimbulkan masalah lain seperti gangguan tidur, menurunnya konsentrasi, hingga potensi ketergantungan yang kontraproduktif terhadap stimulasi bicara [8]. Di sisi lain, solusi ini juga belum sepenuhnya menyediakan interaksi dua arah yang dinamis dan personal. Mainan dan aplikasi yang ada, umumnya hanya memberikan respons yang telah diprogram sehingga kurang efektif dalam menstimulasi percakapan anak [9].

Jika tidak ditangani dengan cepat dan tepat, *speech delay* dapat menimbulkan dampak jangka panjang, seperti gangguan dalam kemampuan sosial, emosional dan akademik anak di masa mendatang [10]. Oleh karena itu, diperlukan intervensi yang bersifat preventif sekaligus stimulatif, yang mampu menjangkau lebih banyak anak secara efektif dan menyenangkan.

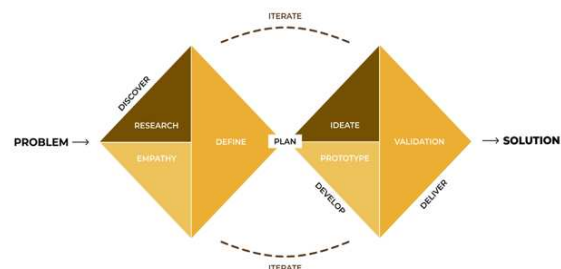
Berangkat dari urgensi tersebut, tim pengusul menghadirkan TalkieBuddy—sebuah boneka cerdas berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) dan

Artificial Intelligence (AI) yang dirancang sebagai alat bantu latihan bicara bagi anak-anak dengan keterlambatan bicara. Boneka ini mampu melakukan interaksi verbal dua arah, memproses suara anak serta memberikan respons yang adaptif. Didukung oleh aplikasi *mobile*, orang tua dapat memantau dan mengevaluasi perkembangan kemampuan bicara anak secara berkala. Produk ini dikembangkan dengan pendekatan *User-Centered Design* [11] dan *Double Diamond*, sehingga sistem tidak hanya fokus pada teknologi, tetapi juga memperhatikan kebutuhan, kenyamanan dan keamanan anak-anak.

Dengan mengintegrasikan teknologi, pendekatan psikologis, dan konsep edukatif, TalkieBuddy diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas pendidikan anak usia dini, sekaligus menjadi solusi inovatif berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi.

2. Metode Penelitian

Metode pelaksanaan yang digunakan dalam pengembangan TalkieBuddy adalah menggunakan pendekatan *double diamond* yang dipadukan dengan metode manajemen proyek yang berdasarkan framework PMBOK (*Project Management Body of Knowledge* [12] yang mencakup *discover*, *define*, *develop* dan *deliver*. *Double diamond* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Double Diamond*

a. *Discover*

Tahap *Discover* difokuskan pada identifikasi kebutuhan, permasalahan, dan peluang melalui kombinasi metode wawancara, observasi, dan studi dokumen. Tujuan utama tahap ini adalah memperoleh pemahaman mendalam mengenai kebutuhan pengguna dan konteks penggunaan sistem, sehingga rancangan solusi yang dihasilkan benar-benar relevan dengan kebutuhan anak dan orang tua.

Responden wawancara meliputi psikolog, guru, penjaga daycare, dan orang tua, sementara observasi dilakukan terhadap anak usia prasekolah untuk memahami pola komunikasi dan respons mereka terhadap media interaktif. Studi dokumen mencakup *paper* ilmiah, artikel psikologi, dan laporan perkembangan bahasa anak, yang digunakan untuk memperkuat pemahaman tentang stimulasi bahasa yang efektif.



Gambar 2. Wawancara dengan Penjaga Daycare

Hasil wawancara menunjukkan bahwa guru dan penjaga *daycare* menyadari adanya kasus keterlambatan bicara pada anak, tetapi tidak semua orang tua menindaklanjuti dengan konsultasi kepada tenaga ahli. Beberapa orang tua bahkan cenderung menyangkal adanya keterlambatan. Dalam praktik sehari-hari, guru dan penjaga *daycare* meningkatkan frekuensi percakapan dengan anak, mengulang kata-kata lebih dari lima kali, serta rutin membacakan dongeng beberapa kali dalam seminggu. Metode mendengarkan lagu dinilai kurang efektif karena tidak semua anak dapat menirukan dengan baik.

Dari sisi orang tua, anak lebih cepat belajar melalui media visual, terutama video edukatif. Meskipun dilakukan pengawasan dengan durasi maksimal 30 menit, pada kondisi tertentu penggunaan gadget diperpanjang ketika orang tua sibuk. Selain aktivitas menonton, anak diarahkan untuk melakukan aktivitas fisik, seperti bermain mobil-mobilan, sepeda, atau boneka. Beberapa anak menunjukkan minat tinggi pada permainan peran (*role play*), baik bersama saudara maupun menggunakan boneka.

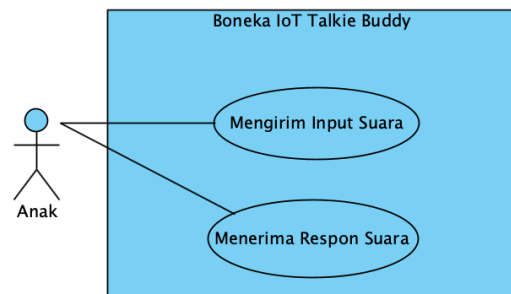
Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa kombinasi stimulasi visual, auditori, dan kinestetik dapat meningkatkan kemampuan bahasa anak prasekolah. Sebagai contoh, pendekatan Visual, Auditori, dan Kinestetik terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan artikulasi anak usia dini [13]. Selain itu, metode bermain peran juga efektif dalam meningkatkan kemampuan komunikasi anak usia dini [14]. Hasil studi dokumen memperkuat temuan lapangan, yang menekankan pentingnya media interaktif yang menyenangkan, konsisten, dan edukatif, sehingga anak terdorong untuk aktif berpartisipasi dalam kegiatan belajar. Temuan ini menegaskan kebutuhan akan media pembelajaran inovatif seperti TalkieBuddy, yang mampu menyediakan pengalaman belajar bahasa yang interaktif, menarik, dan sesuai perkembangan anak. Temuan pada tahap *discover* kemudian menjadi dasar perancangan kebutuhan sistem pada tahap *define*.

b. Define

Berdasarkan hasil dari proses *discover*, ditentukan bahwa sistem TalkieBuddy dibangun menggunakan pendekatan *Internet of Things* yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile*. Pada tahap *define* ini, fokus utama adalah merancang kebutuhan sistem sekaligus memodelkan interaksi antara pengguna dengan

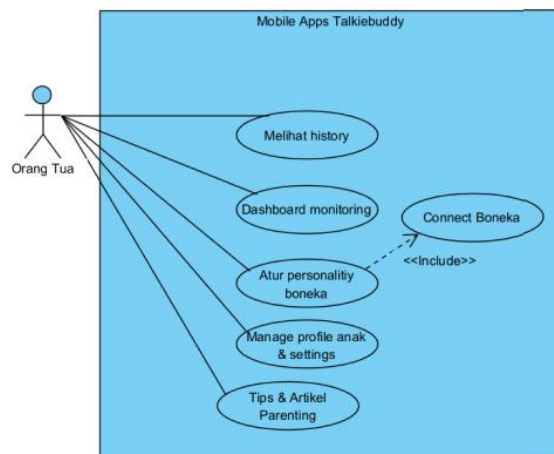
perangkat. Perancangan ini penting agar solusi yang dibangun benar-benar menjawab permasalahan yang ditemukan, yaitu keterbatasan stimulasi bicara anak serta kebutuhan orang tua untuk tetap terlibat meskipun memiliki keterbatasan waktu.

Interaksi utama pengguna divisualisasikan melalui *use case diagram* pada Gambar 3 dan Gambar 4. Diagram ini menunjukkan dua aktor utama, yaitu anak dan orang tua. *Use case diagram* digunakan untuk memodelkan interaksi antaraktor dan sistem secara sistematis, sehingga memudahkan identifikasi fungsionalitas dan alur interaksi [15]. Anak berperan sebagai pengguna langsung yang berinteraksi dengan boneka beruang dengan cara berbicara. Sistem kemudian memproses suara dan memberikan respons adaptif yang dirancang menyerupai percakapan alami. Dengan cara ini, anak tidak hanya merasa ditemani, tetapi juga terlatih untuk menirukan kosakata dan membentuk kalimat sederhana.



Gambar 3. Diagram Usecase Boneka IoT Talkie Buddy

Sementara itu, orang tua menggunakan aplikasi *mobile* sebagai pusat kendali dan pemantauan. Melalui aplikasi, orang tua dapat mengakses berbagai fitur, meliputi *dashboard monitoring* untuk melihat perkembangan keterampilan bicara anak, riwayat percakapan yang terekam, pengaturan kepribadian boneka agar gaya interaksi sesuai dengan kebutuhan anak, manajemen profil anak, pengaturan aplikasi, serta akses ke artikel *parenting* yang relevan. Kehadiran aplikasi ini memastikan bahwa orang tua tidak hanya menjadi pengamat, tetapi juga dapat aktif berperan dalam proses stimulasi bahasa anak.

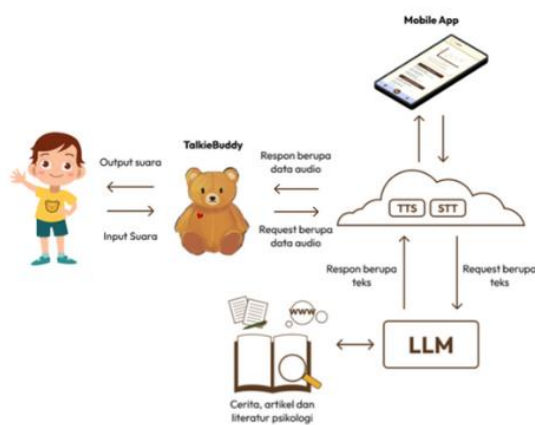


Gambar 4. Diagram Usecase Aplikasi Mobile Talkie Buddy

Perancangan interaksi tersebut kemudian menjadi dasar untuk membangun arsitektur sistem, menentukan kebutuhan perangkat keras, serta merancang wadah fisik berupa *box* hasil cetak 3D yang dapat diintegrasikan dengan boneka beruang.

Arsitektur sistem TalkieBuddy digambarkan pada Gambar 5. Anak berinteraksi langsung dengan boneka dengan memberikan *input* suara. Suara ini ditangkap oleh mikrofon pada boneka, kemudian dikirimkan sebagai data audio ke layanan berbasis *cloud*.

Di dalam *cloud*, terdapat modul *Speech-to-Text* (STT) yang mengubah data audio menjadi teks. Teks ini kemudian diproses oleh *Large Language Model* (LLM) Qwen-3, yang telah diperkaya dengan cerita, lagu, dan literatur psikologi anak sebagai basis pengetahuan. Semua dokumen tersebut dapat diakses melalui MCP (*Model Context Protocol*). LLM menghasilkan teks respons yang relevan dan adaptif terhadap ucapan anak. Respons teks tersebut selanjutnya dikonversi kembali menjadi audio melalui modul *Text-to-Speech* (TTS) dan dikirimkan ke boneka untuk disampaikan kepada anak dalam bentuk *output* suara.



Gambar 5. Arsitektur Sistem Talkie Buddy

Selain berinteraksi dengan anak, sistem juga terhubung dengan aplikasi *mobile*. Aplikasi ini menerima data percakapan, menampilkan riwayat interaksi, menyediakan *dashboard monitoring* untuk memantau perkembangan keterampilan bicara anak, serta memungkinkan orang tua melakukan pengaturan kepribadian boneka dan membaca artikel *parenting*.

Dengan arsitektur ini, TalkieBuddy tidak hanya menjadi media interaktif bagi anak, tetapi juga menyediakan sarana pendukung bagi orang tua untuk memantau serta mendukung tumbuh kembang bahasa anak secara *real-time*.

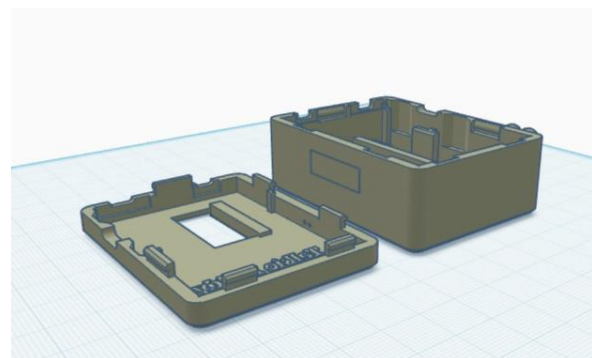
Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Kegunaan
1	ESP32-S3	Berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mendukung pemrosesan suara, koneksi jaringan nirkabel, serta integrasi dengan model kecerdasan buatan

2	Boneka Beruang	Menjadi media fisik yang dekat dengan dunia anak, sehingga interaksi terasa lebih natural dan menyenangkan
3	Baterai Li-Po Rechargeable	Menyediakan sumber daya portabel agar boneka dapat digunakan tanpa bergantung pada kabel listrik
4	Antena 2.4 GHz 5 dBi Wi-Fi	Memperkuat konektivitas nirkabel sehingga komunikasi dengan aplikasi <i>mobile</i> lebih stabil
5	Mikrofon INMP441	Menangkap suara anak yang kemudian diproses oleh sistem untuk menghasilkan respons adaptif
6	Speaker	Menghasilkan <i>output</i> suara dari sistem sehingga anak dapat mendengar respons boneka secara jelas
7	DF Player	Modul pemutar audio yang mendukung format MP3/WAV, digunakan untuk mengeluarkan suara boneka
8	Saklar Power On/Off Switch Kecil	Digunakan untuk menyalakan dan mematikan perangkat secara manual, memberikan kemudahan kontrol

Komponen-komponen elektronik pada Tabel 1 merupakan elemen penting dalam sistem IoT, yang memungkinkan boneka beruang berinteraksi secara *real-time* dengan aplikasi *mobile* [16]. ESP32-S3 bertindak sebagai mikrokontroler utama untuk pemrosesan suara dan integrasi AI, sementara mikrofon digital INMP441 menangkap suara anak dengan presisi. *Speaker* dan modul DFPlayer Mini menghasilkan *output* audio yang responsif, sedangkan baterai Li-Po dan antena Wi-Fi memastikan mobilitas dan konektivitas perangkat tetap optimal.

Selain komponen elektronik, dilakukan pula perancangan *box* hasil cetak 3D sebagai wadah untuk menyimpan perangkat keras di dalam boneka. Desain *box* dibuat menggunakan aplikasi Tinkercad, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6. Desain ini memperhatikan aspek ergonomi, kerapatan ruang, serta keamanan agar komponen tetap terlindungi sekaligus nyaman digunakan anak.



Gambar 6. Desain 3D Box Talkie Buddy

Pada tahap awal, dibuat dua prototipe *box* dengan ukuran berbeda. Prototipe pertama memiliki ukuran 10 cm × 7.5 cm × 4 cm, yang berfungsi menampung modul

ESP32-S3, baterai, *speaker*, mikrofon, dan LCD dalam satu wadah. Desain ini ditujukan agar seluruh komponen dapat terintegrasi secara ringkas. Prototipe kedua berukuran 5,1 cm × 12 cm × 3,3 cm, dengan rancangan lebih ramping dan memungkinkan koneksi eksternal ke *speaker* dan mikrofon.

Kedua prototipe tersebut kemudian diuji untuk memastikan kompatibilitas dengan boneka beruang yang digunakan sebagai media interaksi. Box dimasukkan ke dalam boneka dengan modifikasi tambahan berupa kancing bukaan di bagian belakang untuk memudahkan perawatan, serta lubang suara di bagian dada boneka agar keluaran audio terdengar lebih jelas dan natural bagi anak. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya fungsional, tetapi juga mempertahankan bentuk mainan yang ramah anak.

c. Develop

Tahap *develop* bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe TalkieBuddy secara menyeluruh, mencakup aspek *hardware*, sistem AI, konten, protokol komunikasi, dan aplikasi pendukung.

Pada sisi *hardware*, tim merancang 3D *printed box* menggunakan aplikasi Tinkercad, yang berfungsi untuk menampung ESP32, mikrofon, *speaker*, layar LCD, baterai, dan saklar *on/off*. Beberapa iterasi prototipe dilakukan untuk menyesuaikan ukuran, tata letak komponen, dan kenyamanan penggunaan. Setelah desain final tercapai, *box* dipasang ke dalam boneka, dengan penyesuaian agar seluruh komponen terpasang dengan aman dan boneka tetap nyaman bagi anak-anak.

Secara paralel, tim mengembangkan sistem AI berbasis *cloud*, yang meliputi *Speech-to-Text* (STT) dan *Text-to-Speech* (TTS) menggunakan implementasi open-source. STT memungkinkan boneka mengenali ucapan anak secara *real-time*, sedangkan TTS menghasilkan suara boneka yang interaktif, jelas, dan natural. Tim juga menyiapkan konten dongeng dan lagu anak, yang diorganisasikan melalui *Model Context Protocol* (MCP). MCP mengatur alur respons, pengulangan kata, dan pemanggilan nama anak untuk menciptakan interaksi yang lebih personal.

Selain itu, dikembangkan aplikasi *mobile* sebagai antarmuka pengelolaan TalkieBuddy. Melalui aplikasi ini, orang tua atau guru dapat memantau aktivitas boneka. Aplikasi ini juga memungkinkan pembaruan konten dan konfigurasi AI dari jarak jauh, sehingga boneka dapat terus diperbarui tanpa perlu dibongkar.

Seluruh komponen *hardware*, integrasi IoT, sistem AI dengan STT dan TTS, konten, MCP, dan aplikasi *mobile* diintegrasikan secara bertahap melalui beberapa iterasi. Setiap iterasi difokuskan pada penyesuaian tata letak komponen, kestabilan sistem, kualitas respons AI, dan kenyamanan penggunaan boneka, sehingga prototipe TalkieBuddy siap untuk memasuki tahap *deliver*, di mana uji coba dan evaluasi kinerja akan dilakukan.

d. Deliver

Pada tahap ini, tim mengintegrasikan AI dan komponen IoT ke dalam *box* hasil cetak 3D, kemudian memasukkannya ke dalam boneka beruang. Setelah integrasi berhasil, dilakukan uji coba awal terhadap beberapa anak untuk memastikan sistem dapat berfungsi sesuai rancangan. Pada uji coba awal, ditemukan kendala teknis, seperti boneka yang kesulitan menangkap sinyal, suara anak yang terlalu kecil, serta kondisi lingkungan yang bising sehingga respons boneka tidak selalu sesuai. Selain itu, beberapa kata masih dilafalkan kurang tepat oleh boneka, misalnya kata “biar” yang terkadang terdengar sebagai “baiar”. Uji coba awal juga menghasilkan masukan dari pengguna, di antaranya perlunya penyesuaian nada suara agar lebih natural dan penambahan fitur pemanggilan nama anak untuk meningkatkan interaksi personal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Development Boneka dan IoT

Hasil pengembangan TalkieBuddy diwujudkan melalui integrasi perangkat IoT ke dalam boneka interaktif berbentuk boneka beruang. Komponen utama terdiri atas ESP32-S3, mikrofon, *speaker*, layar LCD, dan baterai isi ulang yang ditempatkan dalam *box* hasil cetak 3D berukuran 12 cm × 5 cm × 3 cm. Box ini dirancang agar komponen tersusun dengan rapi dan aman, kemudian dimasukkan ke dalam tubuh boneka beruang yang telah dimodifikasi dengan ruang khusus.



Gambar 7. Perangkat IoT dan Boneka Talkie Buddy

Desain boneka beruang dibuat dengan beberapa penyesuaian teknis. Bagian punggung boneka diberi kancing bukaan yang berfungsi sebagai jalur untuk memasukkan dan mengeluarkan *box*. Lubang kecil dibuat pada area dada untuk mengarahkan suara dari *speaker*, sehingga suara terdengar lebih jelas tanpa merusak tampilan boneka. Mikrofon diposisikan di bagian dada agar lebih dekat dengan sumber suara anak ketika berbicara. Layar LCD ditempatkan di bagian dalam *box*, dengan jendela kecil di area perut boneka yang memungkinkan tampilan visual sederhana, seperti

ikon wajah atau simbol ekspresi. Sementara itu, baterai isi ulang dan saklar *on/off* ditempatkan di sisi *box*, sehingga mudah diakses ketika boneka tidak digunakan.

Pemilihan boneka beruang didasarkan pada pertimbangan psikologis, karena bentuk ini sangat akrab dengan dunia anak-anak. Boneka beruang menimbulkan rasa aman, mudah diterima sebagai “teman bermain”, dan mengurangi rasa takut anak ketika berinteraksi dengan teknologi. Dengan pendekatan ini, anak tidak merasa sedang belajar menggunakan perangkat elektronik, melainkan bermain dengan teman imajinatifnya. Hal ini terbukti efektif dalam menciptakan interaksi yang lebih natural, menyenangkan, dan tidak menimbulkan kecanggungan.

3.2. Aplikasi Mobile



Gambar 8. Aplikasi Mobile Talkie Buddy

Selain perangkat fisik, tim juga mengembangkan aplikasi *mobile* pendamping yang terhubung langsung dengan TalkieBuddy yang dapat dilihat pada gambar 8. Aplikasi ini berfungsi sebagai media *monitoring* dan manajemen interaksi anak. Fitur utama aplikasi meliputi:

1. *Monitoring dashboard*, yang menampilkan riwayat percakapan, jumlah kata yang berhasil diucapkan anak, serta tren perkembangan kemampuan verbal dari waktu ke waktu.
2. Pengaturan kepribadian boneka, yang memungkinkan orang tua memilih gaya komunikasi, seperti ramah, formal, atau ekspresif, agar interaksi lebih sesuai dengan karakter anak.
3. Manajemen profil anak, berisi identitas dasar, catatan perkembangan, dan preferensi interaksi.
4. Artikel *parenting*, yang menyediakan informasi tambahan mengenai stimulasi bahasa anak, pengasuhan, dan tips membatasi *screen time*.

3.3. Pengujian Program

Sebelum sistem diintegrasikan ke boneka, tim melakukan pengujian fungsional berdasarkan skenario *use case*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	Skenario Use Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Anak berbicara, mikrofon menangkap suara, sistem memproses, boneka merespons	Boneka merespons adaptif sesuai <i>input</i> suara	Berjalan sesuai, terkendala jika suara pelan atau lingkungan bising

2	Orang tua membuka aplikasi dan melihat <i>dashboard monitoring</i>	Pengguna berhasil masuk dan melihat <i>dashboard</i> aplikasi	<i>Login</i> berhasil, <i>dashboard</i> menampilkan riwayat dan status boneka
3	Orang tua membuka aplikasi dan melihat riwayat percakapan anak	Riwayat percakapan muncul di <i>dashboard</i> aplikasi	Sesuai harapan, data tersimpan di server IoT
4	Orang tua atau guru mengatur kepribadian boneka melalui aplikasi	Boneka menyesuaikan gaya komunikasi secara <i>real-time</i>	Sesuai harapan, ada sedikit jeda saat koneksi tidak stabil
5	Orang tua mengelola profil anak di aplikasi	Data anak tersimpan dan dapat diperbarui	Berjalan sesuai rancangan
6	Orang tua mengakses artikel <i>parenting</i> di aplikasi	Artikel dapat ditampilkan dan dibaca dengan baik	Berjalan sesuai rancangan

Pengujian aplikasi *mobile* menunjukkan bahwa orang tua berhasil *login*, melihat *dashboard monitoring*, mengakses riwayat percakapan anak, mengubah kepribadian boneka, memperbarui profil anak, dan membaca artikel *parenting*. Semua fitur berfungsi sesuai rancangan, dengan catatan minor terkait jeda respons saat koneksi internet kurang stabil.

Setelahnya dilakukan pengujian model yang bertujuan memastikan LLM dapat mengambil konten yang relevan, seperti cerita dan lagu, serta menghasilkan teks respons yang ramah anak. Pengujian dilakukan melalui *human evaluation* oleh lima evaluator dengan latar belakang pendidikan anak, menggunakan skala penilaian 1–5 terhadap kesesuaian konteks, kelengkapan informasi, dan kualitas bahasa. Hasil pengujian menunjukkan model berhasil menghasilkan respons yang sesuai konteks pada 90%–95% skenario percakapan, termasuk saat anak menanggapi cerita atau mengikuti lagu interaktif. Sebagian besar kesalahan ditemukan pada kalimat yang terlalu panjang atau kosakata yang abstrak, namun gaya bahasa secara keseluruhan tetap sopan dan mudah dipahami anak.

Setelah pengujian LLM selesai, tahap berikutnya difokuskan pada evaluasi sistem percakapan secara menyeluruh untuk menilai kemampuan sistem dalam menjaga alur percakapan dan mengambil konten dari MCP secara cepat dan stabil. Beberapa skenario diuji, termasuk interaksi cerita interaktif, pertanyaan anak tentang lagu, dan permainan peran sederhana. Sistem mampu mempertahankan konsistensi konteks dan memberikan respons relevan pada 88%–92% skenario. Waktu rata-rata pengambilan konten dari MCP hingga diterima LLM adalah 1,2 detik, dengan keberhasilan transfer >95%. Hasil ini menunjukkan bahwa model AI siap diintegrasikan ke dalam *hardware* boneka tanpa kendala komunikasi atau konteks percakapan.

3.4. Integrasi Sistem

Tahap integrasi sistem bertujuan memastikan seluruh komponen, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, dapat beroperasi secara terkoordinasi dan real time. Setelah uji coba program berhasil, komponen IoT diintegrasikan ke dalam boneka beruang, dan aplikasi mobile dihubungkan melalui jaringan Wi-Fi.

Proses integrasi dilakukan dengan menghubungkan modul ESP32 yang tertanam pada boneka dengan server LLM melalui jaringan lokal, sementara aplikasi mobile berfungsi sebagai antarmuka monitoring yang menampilkan riwayat percakapan dan aktivitas anak secara langsung.

Hasil pengujian integrasi menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara sinkron, di mana interaksi anak dengan boneka dapat langsung terekam dan ditampilkan pada aplikasi mobile. Rata-rata waktu tunda komunikasi antara perangkat dan server tercatat sekitar 1,5 detik, dengan tingkat keberhasilan sinkronisasi data mencapai 90% pada kondisi jaringan stabil.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah siap untuk digunakan dalam uji lapangan, dengan catatan perlunya peningkatan efisiensi koneksi Wi-Fi agar waktu respons dapat lebih konsisten pada kondisi jaringan yang bervariasi.

3.5. Uji Coba Lapangan

Uji coba lapangan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama melibatkan anak dan orang tua secara mandiri di rumah. Pada tahap ini terdapat tiga kelompok, yaitu dua anak dengan satu orang tua, satu anak dengan satu orang tua, dan satu anak dengan satu orang tua. Dengan demikian, total responden pada tahap ini adalah 4 anak dan 3 orang tua.



Gambar 9. Tahapan Uji Coba Produk TalkieBuddy. (a) Sesi uji coba pengguna (*user testing*) untuk mengamati interaksi anak dengan TalkieBuddy. (b) Dokumentasi akhir kegiatan bersama seluruh pihak yang terlibat.

Tahap kedua dilakukan di Sekolah Generasi Bintang, dengan melibatkan 3 anak prasekolah yang didampingi oleh 4 orang guru. Pada tahap ini, anak diminta melakukan percakapan sederhana dengan TalkieBuddy, seperti mengulang kosakata, menjawab pertanyaan singkat, hingga mendengarkan dongeng. Guru mengamati respons anak selama proses interaksi berlangsung.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa:

1. Pada tahap pertama, orang tua menilai TalkieBuddy mampu menarik minat anak untuk berbicara lebih aktif. Anak menjadi lebih percaya diri, meskipun beberapa di antaranya sempat ragu ketika pertama kali boneka memberikan respons. Fitur *monitoring dashboard* di aplikasi dinilai sangat membantu orang tua untuk memantau perkembangan kosakata anak.
2. Pada tahap kedua, guru mencatat bahwa sebagian besar anak menjadi lebih responsif dibandingkan kegiatan belajar konvensional. Guru menilai TalkieBuddy dapat menjadi media pendukung yang menyenangkan untuk stimulasi bicara anak, meskipun kualitas suara boneka masih perlu ditingkatkan agar terdengar lebih natural.

Secara keseluruhan, dari kedua tahap uji coba diperoleh temuan bahwa TalkieBuddy tidak hanya dapat membantu anak meningkatkan keterampilan verbal, tetapi juga mendukung peran orang tua dan guru dalam proses stimulasi bahasa.

Meskipun hasil uji coba lapangan menunjukkan respons positif, penelitian ini memiliki keterbatasan utama pada jumlah partisipan yang terbatas. Uji coba hanya melibatkan total tujuh anak prasekolah, tiga orang tua, dan empat guru. Keterbatasan ini membuat hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasi untuk populasi yang lebih luas.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan TalkieBuddy, boneka interaktif berbasis *Generative Artificial Intelligence* dan *Internet of Things* yang dirancang untuk menstimulasi kemampuan bicara anak usia prasekolah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa anak menjadi lebih percaya diri, aktif menirukan kosakata, serta lebih responsif ketika berinteraksi dengan boneka dibandingkan kegiatan belajar konvensional. Orang tua terbantu melalui fitur *monitoring dashboard* pada aplikasi *mobile*, sedangkan guru menilai boneka ini dapat menjadi media pendukung pembelajaran yang menyenangkan.

Temuan tersebut membuktikan bahwa TalkieBuddy berpotensi menjadi solusi inovatif dalam mengurangi *screen time* sekaligus meningkatkan keterampilan verbal anak. Implikasi dari penelitian ini adalah terbukanya peluang pemanfaatan teknologi berbasis IoT dan AI untuk mendukung pendidikan anak usia dini serta kolaborasi lintas disiplin antara teknologi, psikologi, dan pendidikan. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian dapat diperluas dengan melibatkan lebih banyak responden, meningkatkan kualitas suara boneka, serta menambahkan fitur personalisasi agar interaksi semakin natural dan efektif.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh Kemendikbudristek Ditjen Diktiristek melalui Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Skema PKM-KI dengan nomor kontrak 1211/LL3/KS.00.00/2025. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pelita Harapan (UPH) atas dukungan dana dan fasilitas, serta kepada Sekolah Generasi Bintang, guru dari sekolah lain, *daycare*, dan seluruh pihak yang berpartisipasi dalam pengumpulan data dan pengujian produk.

SUMBER RUJUKAN

Referensi

- [1] Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI), "STRATEGI KOMUNIKASI EFEKTIF DAN STIMULASI PERKEMBANGAN BICARA ANAK PADA PASIEN DENGAN GANGGUAN PERILAKU DAN SPEECH DELAY," Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. [Online]. Available: <https://lms.kemkes.go.id/courses/e43dd296-8130-4962-a040-e1ea0009487f>
- [2] D. I. Habsad, R. N. Maharani, S. Darma, A. H. E. Darussalam, and Muh. A. Jafar, "Characteristics of Speech Delay in Children Aged 2-5 Years for the Period January-December 2022 at RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo," *Jurnal Biologi Tropis*, vol. 24, no. 1, pp. 593–599, Mar. 2024, doi: 10.29303/jbt.v24i1.6642.
- [3] Siti Aminah and Ratnawati, "MENGENAL SPEECH DELAY SEBAGAI GANGGUAN KETERLAMBATAN BERBICARA PADA ANAK (KAJIAN PSIKOLINGUISTIK)," : *Jurnal Ilmiah Program Studi Bahasa Sunda*, vol. 8, no. 2, pp. 79–84, Oct. 2022, doi: 10.33222/jaladri.v8i2.2260.
- [4] W. Fauzia, F. Meiliawati, and P. Ramanda, "Mengenali dan menangani speech delay pada anak," *Jurnal Al-Shifa*, vol. 1, no. 2, pp. 102–110, 2020.
- [5] I. Sutisna and W. S. Laiya, *METODE PENGEMBANGAN KOGNITIF ANAK USIA DINI*. UNG Press Gorontalo, 2020.
- [6] W. D. Kusdaryanto, N. N. Agustina, and S. Wisesa, "PENGARUH GADGET TERHADAP KETERLAMBATAN BICARA PADA ANAK DI ERA PANDEMI COVID-19," *Mandala Of Health*, vol. 16, no. 1, p. 56, Apr. 2023, doi: 10.20884/1.mandala.2023.16.1.8375.
- [7] A. Balqis and D. Pujiati, "DAMPAK DURASI SCREEN TIME GADGET TERHADAP RESIKO SPEECH DELAY STUDI KASUS DI BUSTANUL ATHFAL AISYIYAH 01 BATUR BANJARNEGARA," in *Prosiding Temu Ilmiah Nasional Guru*, Nov. 2024, pp. 302–309.
- [8] E. Manfaatin and M. Aulia, "Pengaruh Screen Time terhadap Perkembangan Anak Usia Dini," *al-muhadzab: Jurnal Pendidikan Islam Anak Usia Dini*, vol. 1, no. 1, pp. 18–31, Feb. 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.staidaf.ac.id/almuhadzab/article/view/273/98>
- [9] Z. Chen and G. Hou, "A Study on the Design of Children's Distance-Cognitive Interactive Toys Based on Artificial Intelligence Technology," *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, vol. 25, no. 2, pp. 133–141, 2025.
- [10] N. Mahmudianati, M. Ariani, and N. Hestiyana, "Kejadian Speech Delay Pada Balita Dengan Kecemasan Orang Tua Pada Anak Speech Delay Di RSUD Ulin Banjarmasin," *Journal of Health (JoH)*, vol. 10, no. 1, pp. 019–029, Jan. 2023, doi: 10.30590/joh.v10n1.537.
- [11] D. Norman, *The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition*. Basic Books, 2013.
- [12] *The standard for project management and a guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, Inc., 2021.
- [13] Y. Fitria and Ivan Achmad Nurcholis, "Observation of The Relationship Between Play Activities and Language Development in Children Aged 3-5 Years and The Role of Parents.," *Indonesian Journal Of Education*, vol. 2, no. 1, pp. 42–52, Apr. 2025, doi: 10.71417/ije.v2i1.234.
- [14] Muh. Zuhdy Hamzah, Nofvia De Vega, Rahayu, S. Sumihatul Ummah MS, and Petrus Jacob Pattiasina, "Role-playing Method for Language Development in Elementary School," *Journal of Childhood Development*, vol. 3, no. 2, pp. 36–47, Aug. 2023, doi: 10.25217/jcd.v3i2.3799.
- [15] A. Maulana *et al.*, *REKAYASA PERANGKAT LUNAK: KONSEP, METODE, DAN PRAKTIK TERBAIK GET PRESS INDONESIA*.
- [16] M. Muttaqin *et al.*, *Internet of Things (IoT): Teori dan Implementasi*. Yayasan Kita Menulis, 2023.