



JURNAL SISTEM INFORMASI DAN TEKNOLOGI (S I N T E K)

Situs Jurnal

<https://sintek.stmikku.ac.id/index.php/home>



KLASIFIKASI BAHASA ISYARAT HURUF HIJAIYAH DENGAN GAN DAN CNN

L.Nanda Cahaya Ardi¹, Bambang Krismono², Khasnur Hidjah³

^{1,2,3}Prodi Ilmu Komputer, Universitas Bumigora Mataram
Jln. Ismail Marzuki, Cakranegara, Mataram

Email: ¹lalunandacahayaardi@gmail.com, ²bkrismono@universitasbumigora.ac.id,
³khasnur72.h@universitasbumigora.ac.id

ABSTRAK

Pembelajaran huruf hijaiyah, termasuk untuk penyandang tunarungu yang menggunakan bahasa isyarat, sangat penting untuk memahami Al-Qur'an. Namun, pengembangan sistem klasifikasi berbasis kecerdasan buatan menghadapi kendala karena jumlah data citra bahasa isyarat huruf hijaiyah terbatas. Studi ini menyarankan metode *hybrid* yang menggunakan *Generative Adversarial Network (GAN)* untuk memperluas *dataset* dan *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk mengklasifikasikan gambar bahasa isyarat huruf hijaiyah. *Dataset* awal, yang terdiri dari 1.877 gambar dengan 28 kelas yang dikumpulkan dari *Roboflow*, diperluas menggunakan *DCGAN* dan augmentasi gambar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi *GAN* dan augmentasi dapat secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi *CNN*, dengan tingkat akurasi tertinggi 95%. Metode ini terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja sistem klasifikasi dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif untuk penyandang disabilitas, terutama tunarungu.

Kata Kunci: Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah, GAN, CNN

1. PENDAHULUAN

Al-Qur'an, mukjizat Islam yang abadi, terus diperkuat karena kemajuan ilmu pengetahuan. Al-Qur'an, yang merupakan kalam Allah SWT dan diberikan kepada Nabi dan Rasul terakhir, Muhammad SAW, melalui perantaraan malaikat Jibril, diberikan kepada Rasulullah SAW dengan tujuan untuk membimbing manusia ke jalan yang benar dan keluar dari kegelapan menuju cahaya. Proses ini dimulai dengan surah Al-Fatihah dan diakhiri dengan surah An-Naas. Ini juga ditulis dalam mushaf-mushaf yang diberikan kepada umat secara mutawatir [1].

Studi dan pemahaman Al-Qur'an dianggap sebagai ibadah. Al-Qur'an disampaikan secara mutawatir dari generasi ke generasi, dan tidak pernah diubah atau dipalsukan. Allah sendiri mengurusnya. Al-Qur'an adalah sumber utama ajaran Islam, dan setiap orang yang beragama Islam harus mempelajarinya. Rasulullah SAW mengatakan bahwa memahami dan mengajarkan Al-Qur'an sangat penting, dan dia mengatakan bahwa orang

yang mendalami Al-Qur'an akan mendapatkan kebaikan tertinggi [2].

Al-Qur'an membawa ketenangan dan kedamaian, pembelajarannya harus dilakukan secara teratur. Ini terutama berlaku bagi mereka yang memahaminya dengan mendalam. Selain itu, ilmu Al-Qur'an dapat menjadi amal jariah yang berkelanjutan jika digunakan dan diajarkan kepada orang lain. Sangat penting bagi anak-anak untuk diajarkan Al-Qur'an sejak kecil. Ini memerlukan pemahaman awal huruf hijaiyah agar mereka dapat membaca Al-Qur'an dengan benar. Metode pembelajaran Al-Qur'an, khususnya dalam memahami huruf hijaiyah, dapat disesuaikan dengan kemampuan setiap orang, termasuk orang normal dan penyandang disabilitas seperti tunarungu [3].

Bahasa isyarat sangat penting untuk penyandang tunarungu dalam berinteraksi. Bahasa isyarat dapat menyampaikan makna tertentu melalui berbagai bentuk, posisi, gerakan, ekspresi wajah, dan bagian tubuh lainnya. Ini termasuk dalam pembelajaran agama di Indonesia. Pasal 14 ayat c tentang Hak Keagamaan Undang-Undang Penyandang

Disabilitas Nomor 8 Tahun 2016 menyatakan bahwa penyandang disabilitas berhak mendapatkan kitab suci dan lektur keagamaan lainnya yang mudah diakses sesuai kebutuhannya. Menurut sila pertama, pembelajaran agama harus diberikan di semua sekolah umum, termasuk sekolah luar biasa. Salah satunya adalah belajar tentang Islam. Mempelajari Al-Quran adalah bagian penting dari pendidikan agama Islam. Mempelajari Al-Quran dimulai dengan memahami huruf Hijaiyah [4].

Dua metode utama untuk berkomunikasi dengan anak tunarungu di Indonesia adalah Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). SIBI adalah bahasa isyarat resmi yang dibuat oleh pemerintah dan digunakan sering di sekolah dan lembaga resmi. Namun, bagi beberapa pengguna tunarungu, SIBI terlalu kaku dan tidak alami. Sebaliknya, BISINDO dianggap lebih fleksibel dan lebih mudah dipahami [5]. Penyandang tunarungu menggunakan bahasa isyarat untuk berkomunikasi dengan lingkungannya. Bahasa isyarat membantu orang dengan gangguan pendengaran memahami dan mengenali huruf-huruf Al-Qur'an. Namun, jumlah media interaktif yang tersedia untuk bahasa isyarat hijaiyah masih menjadi hambatan dalam proses pembelajaran [6].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa deteksi bahasa isyarat telah berkembang pesat dengan teknologi pengolahan citra digital untuk mengenali berbagai jenis isyarat komunikasi, termasuk huruf hijaiyah. *YOLO (You Only Look Once)*, yang mampu mendeteksi objek secara *real-time* dengan tingkat akurasi tinggi, adalah salah satu metode yang terbukti efektif. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [7]. Metode *YOLOv5* berhasil digunakan untuk mendeteksi bahasa isyarat huruf hijaiyah dengan menggunakan *dataset* yang terdiri dari 4.247 gambar. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi gerakan isyarat secara konsisten dengan akurasi mencapai 95%. Ini menunjukkan bahwa metode ini memiliki potensi besar untuk membantu proses pembelajaran huruf hijaiyah bagi penyandang tunarungu dan tunawicara.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh [8]. Yaitu menggunakan metode *CNN* dan *EfficientNetB1*, dengan *dataset* berjumlah 2800 gambar dan menggunakan 28 kelas huruf hijaiyah dalam bahasa isyarat arab. Pada penelitian ini mandapatkan akurasi 98,95% pada data pelatihan, dan 99,52% pada data validasi.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh [9]. Dengan isi dari penelitian ini yaitu menggunakan model untuk menterjemahkan bahasa isyarat huruf hijaiyah secara *real time* menggunakan metode *CNN*, dengan mendapatkan akurasi 76,92%. Dengan

dataset terdiri dari gambar gerakan tangan yang mewakili bahasa isyarat hijaiyah yang dikumpulkan dari Lajnah Pentashihan Mushaf al-Qur'an sebanyak 938 gambar dan dikategorikan 30 kelas huruf hijaiyah dan 1 kelas kosong.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dijelaskan di atas, rata-rata hanya menggunakan satu metode dalam proses deteksi atau klasifikasi bahasa isyarat huruf hijaiyah, dengan jumlah *dataset* yang bervariasi, baik dalam jumlah kecil maupun besar. Sementara itu, pada penelitian ini diterapkan pendekatan *hybrid* dengan menggabungkan dua metode, yaitu *Generative Adversarial Network (GAN)* untuk memperluas dataset secara sintesis, dan *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk melakukan klasifikasi. Pendekatan ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan jumlah data sekaligus meningkatkan akurasi dalam mengenali bahasa isyarat huruf hijaiyah

2. LANDASAN TEORI

2.1 Bahasa Isyarat

Komunitas Tuli berkomunikasi dengan bahasa isyarat, yang mengutamakan gerak bibir, bahasa tubuh, dan komunikasi manual. Bahasa isyarat juga membantu pengguna mengidentifikasi diri dan mendapatkan informasi. Bahasa isyarat dan bahasa lisan sangat berbeda secara persepsi dan modalitas. Bahasa lisan dibuat melalui alat ucap (oral) dan dipersepsi melalui alat pendengaran (auditoris), sementara bahasa isyarat dibuat melalui gerakan tangan (gestur) dan dipersepsi melalui alat penglihatan (visual). Oleh karena itu, bahasa lisan adalah bahasa oral-auditoris, sementara bahasa isyarat adalah bahasa visual-gestural [10].

Saat ini, Indonesia memiliki dualisme bahasa isyarat. Bahasa isyarat Indonesia dikenal sebagai Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Kami memilih BISINDO daripada SIBI karena permintaan para tunarungu untuk menjadikan BISINDO sebagai bahasa isyarat resmi indonesia sebagai pengganti SIBI. Meskipun orang bisu dapat berkomunikasi satu sama lain, orang normal biasanya membutuhkan penerjemah untuk memahami gerak tangan orang bisu. Teknologi informasi dapat membantu menerjemahkan bentuk tangan menjadi karakter A-Z. Bahasa isyarat menggunakan gerakan tangan, raut wajah, membaca bibir, anggukan kepala, dan postur tubuh untuk menyampaikan informasi [11].

2.2 Bahasa Isyarat Indonesia

Salah satu bahasa isyarat yang digunakan di Indonesia adalah Bahasa Isyarat Indonesia

(BISINDO), yang merupakan bahasa yang tumbuh secara alami dalam masyarakat Tuli di Indonesia. Kecuali huruf J dan R, yang menggunakan gestur, tanda abjad BISINDO berbentuk tangan statis. BISINDO dapat berfungsi sebagai acuan atau dasar dalam pengembangan gerakan tangan dan sistem bahasa isyarat untuk berkomunikasi dengan penyandang disabilitas. Sistem bahasa isyarat yang dikembangkan dengan BISINDO sebagai dasar akan membuatnya lebih mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna. Ini juga akan membantu memperkuat penggunaan bahasa isyarat yang sudah ada. Pengembangan sistem bahasa isyarat juga dapat meningkatkan penggunaan BISINDO sebagai bahasa komunikasi resmi antara penyandang disabilitas dan masyarakat umum. Komunikasi antara penyandang disabilitas dan orang lain akan semakin efektif dan terbuka karena sistem bahasa isyarat menjadi lebih mudah diakses dan lebih akurat. Oleh karena itu, pengembangan sistem bahasa isyarat untuk berkomunikasi antara penyandang disabilitas dan orang lain akan sangat bermanfaat [12]

2.3 SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia)

SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia) adalah bahasa isyarat abjad yang mengadaptasi gerakan ASL (Bahasa Isyarat Amerika). Bahasa abjad SIBI memiliki dua puluh enam gerakan, masing-masing dua gerakan aktif (J dan Z), dan dua puluh empat gerakan berupa gerakan pasif. Peraturan Menteri Pendidikan Republik Indonesia nomor 0161/U/1994 mengatur penggunaan SIBI di SLB. Ini juga digunakan dalam komunikasi formal [13].

2.4 Huruf Hijaiyah

huruf hijaiyah adalah lambang bunyi dan terdiri dari dua kata, hijaiyah dan huruf. Huruf hijaiyah adalah abjad Arab yang dimulai dengan "Alif" dan berakhir dengan "yya", dan dibaca dari kiri ke kanan. Pengendalian [14].

2.5 Generative Adversarial Networks (GAN)

Metode pembelajaran mesin, terutama *deep learning*, *Generative Adversarial Network (GAN)* digunakan untuk menghasilkan data baru yang sebanding dengan data pelatihan. *GAN* pertama kali muncul pada tahun 2014 oleh Ian Goodfellow. telah menunjukkan potensi besar untuk mengatasi

keterbatasan metode tradisional dalam peningkatan resolusi gambar. *Generator* dan *diskriminator* adalah dua jaringan saraf tiruan yang bersaing. *Diskriminator* bertanggung jawab untuk membedakan antara gambar asli dan hasil generasi, sementara *generator* menghasilkan gambar baru yang *realistis*. *GAN* dapat menghasilkan gambar yang lebih tajam dan *realistis* dari *input* resolusi rendah berkat proses pelatihan berulang-ulang ini [15]. Penggunaan *Generative Adversarial Networks (GAN)* sangat berbeda dari algoritma *deep learning* lainnya karena *GAN* menggunakan *dataset* yang sudah ada dan dilatih untuk memaksimalkan hasil akurasi dari setiap pengujian; *dataset* yang lebih besar memiliki hasil yang lebih baik. Tidak seperti algoritma lainnya, *Generative Adversarial Networks (GAN)* menggunakan dua jaringan syaraf buatan, juga dikenal sebagai *neural network*, untuk menyelesaikan masalah. Kedua jaringan syaraf buatan tersebut adalah *Generator*, yang mengambil sampel data dari *dataset*, dan *Diskriminator*, yang menentukan apakah sampel data itu asli atau palsu. Suatu data baru akan dibuat yang sangat mirip dengan data inputnya ketika kedua *neural network* tersebut ada [16].

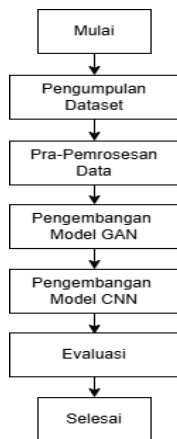
2.6 Convolution Neural Network (CNN)

Merupakan salah satu tipe algoritma *neural network* yang digunakan untuk memproses gambar. Algoritma *CNN* menggunakan data dua dimensi untuk mempelajari dan mendeteksi fitur pada gambar digital. *CNN* terdiri dari sejumlah *neuron* yang masing-masing memiliki fungsi aktivasi, berat, dan bias. Gambar menunjukkan desain metode *CNN* dibawah ini [17].

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Penelitian

Pada metode penelitian ini terdapat gambar umum dalam sebuah penelitian yaitu pengumpulan *dataset*, pra-pemrosesan data, pengembangan model, pengujian model dan pengujian deteksi objek yang ditunjukkan pada gambar 3.1



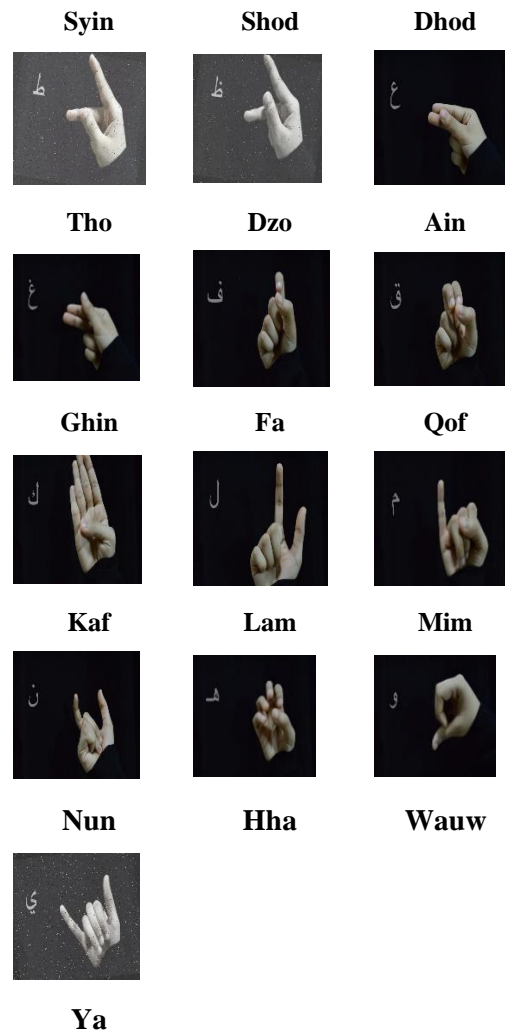
Gambaran 3.1 Alur Penelitian

3.2 Tahap Penelitian

Adapun tahap pertama dalam tahapan penelitian ini yaitu pengumpulan data seperti dibawah ini.

3.2.1 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data ini, tahap mengumpulkan data yang diperoleh di salah satu *website* yang menyediakan data publik seperti *Roboflow.com* dengan jumlah data gambar bahasa isyarat huruf hijaiyah berjumlah 1.877 gambar dengan jumlah kelas yaitu 28 kelas. Adapun lebih rinci dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.2 Dataset Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah



3.2.2 Pra-Pemrosesan Data

Pada tahapan pra-pemrosesan data ini dilakukan pengolahan data (*Pre-processing*). Tahap ini memiliki tiga tahapan yaitu pembagian *dataset* atau split data, augmentasi dan normalisasi data. Adapun pembagian *dataset* yaitu 80% untuk data *training* dan 20% untuk data *testing*.

Tabel 3.1 Pembagian Dataset

<i>Dataset</i>	Data Training 80 %	Data Testing 20%
Alif	53	23
Ba	59	19
Ta	54	19
Sa	60	14
Jim	61	15
.....
Nun	18	8

Hha	20	12
Wauw	58	22
Ya	53	22

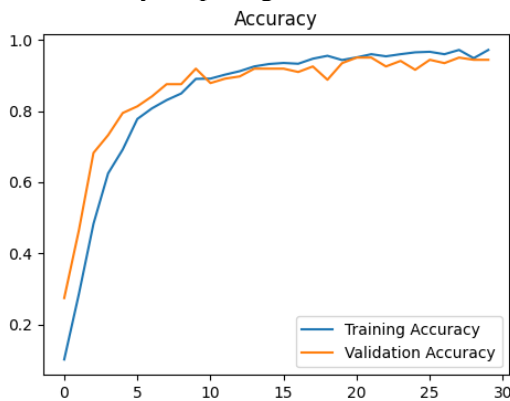
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Model Training Data

Dataset 1.877 gambar bahasa isyarat huruf hijaiyah, yang dibagi ke dalam 28 kelas, digunakan untuk pelatihan model menggunakan *Google Colab*. Dataset telah melalui proses pra-pemrosesan yang termasuk peningkatan, normalisasi, pembagian data (80 persen pelatihan, 20 persen pengujian), dan pembagian. Pendekatan *hybrid* yang memanfaatkan *DCGAN* untuk menghasilkan data sintetik dan *CNN* untuk proses klasifikasi meningkatkan jumlah data dan kinerja klasifikasi. Model *CNN* dilatih dalam tiga skenario seperti dibawah ini.

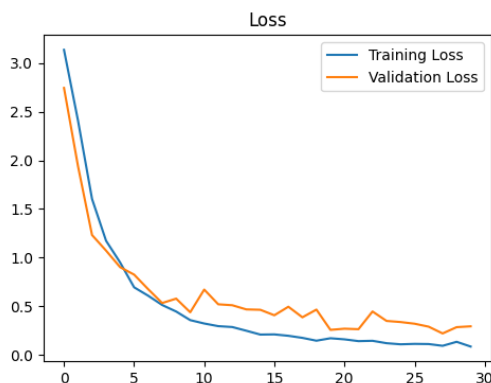
4.1.1 CNN tanpa augmentasi dan tanpa GAN

Hasil akurasi yang didapatkan pada tahap ini yaitu 96.93% sedangkan validasi akurasi 94.39%. hasil *confusion matrix* menunjukkan adanya kesalahan klasifikasi antar huruf yang memiliki kemiripan bentuk tangan, seperti antara syin dan sin. Berikut hasilnya seperti gambar 4.1.



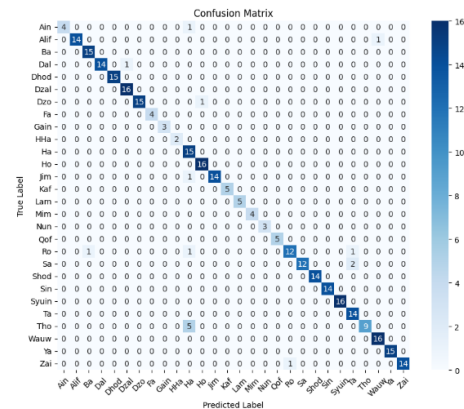
Gambar 4.1 Akurasi CNN tanpa GAN

Pada gambar 4.1 diatas bahwa hasil dari akurasi pelatihan CNN tanpa GAN.



Gambar 4.2 Loss

Gambar 4.2 diatas yaitu *loss* akurasi 10,98% dan validasi *loss* 29,41%. Hasil ini menunjukkan sudah bagus dalam *loss*.



4.3 Confusion Matrix

Pada gambar 4.3 diatas adalah hasil yang bagus untuk klasifikasi bahasa isyarat huruf hijaiyah.

4.2 Pembahasan

Hasil menunjukkan bahwa integrasi *GAN* (*DCGAN*) ke dalam *pipeline* klasifikasi *CNN* berhasil meningkatkan akurasi sistem dan mengatasi jumlah data yang terbatas. *GAN* dapat membuat gambar bahasa isyarat huruf hijaiyah yang terlihat seperti data asli. Hal ini memberikan model *CNN* lebih banyak variasi data selama proses pelatihan, meningkatkan kemampuan *CNN* untuk menemukan pola pada gambar tangan.

Dengan augmentasi manual seperti rotasi, *flipping*, dan *zoom*, generalisasi model menjadi lebih baik terhadap variasi posisi tangan yang mungkin terjadi di dunia nyata. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa metode gabungan *GAN* dan augmentasi tradisional adalah yang terbaik untuk meningkatkan kinerja *CNN*.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *hybrid*, yang berbeda dengan studi sebelumnya yang hanya menggunakan *CNN* atau teknik deteksi seperti *YOLO*, dan menunjukkan kinerja yang kompetitif, bahkan lebih unggul dalam hal akurasi tes. Ini memperkuat kesimpulan bahwa metode generatif meningkatkan jumlah dan variasi data secara signifikan berdampak pada kinerja klasifikasi visual.

5. PENUTUP

Studi ini menggunakan metode *hybrid* yang menggunakan *Generative Adversarial Network* (*GAN*) dan *Convolutional Neural Network* (*CNN*) untuk mengembangkan sistem klasifikasi bahasa isyarat huruf hijaiyah yang berhasil. Penggunaan *GAN*, terutama *DCGAN*, membantu membuat data sintetik yang mirip dengan data asli, yang

memungkinkan mereka untuk mengatasi keterbatasan jumlah data yang tersedia. Ada bukti bahwa menggabungkan data hasil GAN dengan augmentasi tradisional dapat meningkatkan tingkat akurasi klasifikasi secara signifikan.

Akurasi model CNN yang dilatih dengan *dataset* gabungan lebih tinggi daripada model yang hanya menggunakan *dataset* asli pada data pelatihan dan pengujian. Hasil evaluasi yang dilakukan menggunakan matriks *confusion*, grafik akurasi dan kehilangan, dan metrik evaluasi lainnya menunjukkan bahwa model bekerja dengan stabil dan dapat dengan akurat mengklasifikasikan huruf hijaiyah dalam bahasa isyarat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. P. Akbar, I. Mahmudah, and S. Fatimah, "Peran Mahasiswa MBKM Mengajar Mengaji untuk Membantu Siswa MI Darul Ulum Palangka Raya dalam Membaca Al-Qur'an dengan Baik," *Jurnal Ilmu Pendidikan Islam*, vol. 3, no. 1, pp. 23–34, 2025, doi: 10.59059/al-tarbiyah.v3i1.1719.
- [2] G. Murtadlo *et al.*, "Mendalami Living Qur'an: Analisis Pendidikan Dalam Memahami Dan Menghidupkan Al-Qur'an," 2023.
- [3] M. J. Takhasus, I. Syar'i, and M. Hafshah Binti Umar, "Hukum Tarik Menarik Dalam Perspektif Al-Quran: Ketenangan Hati Sebagai Kunci Kesuksesan," *Integrative Perspectives of Social and Science Journal*, vol. 2, no. 1, p. 546, 2025.
- [4] M. Christina, K. Paruntu, H. Anis, and E. L. Mamesah, "Nomor 8 Tahun 2016 Tentang Penyandang Disabilitas Di Indonesia 1," 2023. [Online]. Available: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/conventi>
- [5] B. A. Gholibah and Y. Nurmaliyah, "Implementasi Metode Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah Dalam Peningkatan Belajar Baca Tulis Al-Qur'an (Btq) Bagi Santriwati Tunarungu Di Pondok Pesantren Tahfiz Difabel Baznas (Bazis) Lebak Bulus Implementation Of The Hijaiyah Sign Language Method In Improving Reading And Writing Al-Qur'an (Btq) For Deaf Students At The Baznas Tahfiz Disabled Islamic Boarding School (Bazis) Lebak Bulus," *Multidisciplinary Indonesian Center Journal (MICJO)*, doi: 10.62567/micjo.v2i1.482.
- [6] D. A. Dermawan, H. A. Muhimmah, A. Ovel, N. Beny, O. F. Anggara, and N. R. Windayani, "Januari 2024 Jurnal Kajian Pendidikan dan Hasil Penelitian," *Jurnal Review Pendidikan Dasar*, vol. 10, no. 01, [Online]. Available: <http://journal.unesa.ac.id/index.php/PD>
- [7] D. I. Mulyana, M. Faizal Lazuardi, and M. Betty Yel, "Deteksi Bahasa Isyarat Dalam Pengenalan Huruf Hijaiyah Dengan Metode YOLOV5," 2022, doi: 10.32528/elkom.v4i2.8145.
- [8] D. E. Putri, J. Jumadi, and E. Nurlatifah, "Klasifikasi Pengenalan Huruf Hijaiyah Pada Bahasa Isyarat Arab Menggunakan Transfer Learning EfficientNetB1," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 10, no. 2, pp. 1371–1384, Mar. 2025, doi: 10.29100/jupi.v10i2.6174.
- [9] W. A. R. C. Ma'fi, "Model Penerjemah Bahasa Isyarat Huruf Hijaiyah Secara Realtime Menggunakan Cnn," 2024.
- [10] S. Ulfah, "Ulfah Penerapan Bahasa Isyarat dalam Pembelajaran bagi Anak Berkebutuhan Khusus Tuna Rungu," *JDSR*, 2023.
- [11] I. F. A. E. S. Sari, "Sistem Pengembangan Bahasa Isyarat Untuk Berkomunikasi dengan Penyandang Disabilitas (Tunarungu)," 2023. [Online]. Available: <https://jits.unmuhbabel.ac.id/>
- [12] M. Sholawati, K. Auliasari, and F. X. Ariwibisono, "Pengembangan Aplikasi Pengenalan Bahasa Isyarat Abjad Sibi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," 2022.
- [13] R. Z. Fadillah, A. Irawan, M. Susanty, and I. Artikel, "Data Augmentasi Untuk Mengatasi Keterbatasan Data Pada Model Penerjemah Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO)," *Jurnal Informatika*, vol. 8, no. 2, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ji>
- [14] A. S. Y. K. N. A. L. G. Saputra, "Meningkatkan Kemampuan Mengenal Huruf Hijaiyah Anak Melalui Permainan Kartu Huruf Di Tkit An-Nur Walikukun Kabupaten Ngawi," 2021.
- [15] A. R. H. G. C. S. M. T. T. Ama, "Peningkatan Resolusi Citra dengan Menggunakan Metode GAN untuk Aplikasi Peningkatan Gambar," 2024.
- [16] H. E. S. Purba, "Implementation Of Generative Adversarial Networks For Creating Digital Artwork In The Form Of Abstract Images," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 3, no. 3, pp. 707–715, 2022, doi: 10.20884/1.jutif.2022.3.3.262.
- [17] I. Suhardin, A. Patombongi, A. Muhammad Islah, and S. H. Catur Sakti Kendari Ji Abdullah, "Mengidentifikasi Jenis Tanaman Berdasarkan Citra Daun Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," vol. 6, no. 2, 2021.