

Kajian Pustaka Pengembangan Aplikasi *Mobile* untuk Pengenalan Bahasa Isyarat Berbasis Deep Learning

Javier Farran Ath-Thaariq
Jurusan Informatika
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
17523034@students.uii.ac.id

Rian Adam Rajagede
Jurusan Informatika
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
195230101@uui.ac.id

Ridho Rahmadi
Jurusan Informatika
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
095230410@uui.ac.id

Abstract—Kajian pustaka ini disusun dengan tujuan untuk mempelajari dan membandingkan penelitian-penelitian sebelumnya terkait pengenalan bahasa isyarat berbasis deep learning. Setelah mengkaji beberapa literatur, dapat diketahui bahwa ada 2 jenis bahasa isyarat yang paling dominan di Indonesia, Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) dan Bahasa Isyarat Indonesia (BISINDO). Pengembangan sistem pengenalan bahasa isyarat menggunakan deep learning juga menggunakan banyak metode seperti *Convolutional Neural Network (CNN)*, *Support Vector Machine Classification (SVM)*, *Algoritma K Nearest Neighbor Classifier*, dan Sistem jaringan syaraf tiruan perambatan balik. Selain itu ditemukan juga faktor-faktor yang menentukan akurasi pengenalan bahasa isyarat.

Keywords—*Pengenalan Bahasa Isyarat, Deep Learning, Aplikasi Mobile, Kajian Pustaka*

I. PENDAHULUAN

Kaum tunarungu memiliki cara untuk berkomunikasi dengan masyarakat umum melalui bahasa isyarat. Namun, bahasa ini hanya dimengerti oleh jumlah populasi masyarakat yang tidak terlalu banyak. Berkomunikasi melalui tulisan juga sedikit sulit karena mayoritas kaum tunarungu juga memiliki kesulitan untuk menulis bahasa lisan sehari-hari. Apalagi, cara berkomunikasi dengan bahasa isyarat cukup lambat jika dilakukan secara langsung. Pada keadaan darurat, ini dapat menghambat karena komunikasi melalui tulisan juga cukup sulit dan kurang efisien untuk dilakukan.

Bahasa isyarat adalah sebuah bentuk komunikasi yang dilakukan secara visual. Komunikasi ini mengandalkan gerakan tubuh dan gerakan bibir, bukan suara lisan. Bahasa isyarat paling banyak digunakan oleh kaum tunarungu dan tunawicara. Bahasa isyarat memiliki keunikan di setiap negara termasuk Indonesia. Di Indonesia, ada dua jenis bahasa isyarat: SIBI dan BISINDO. Perbedaan antara kedua sistem bahasa isyarat ini adalah SIBI menggunakan huruf sebagai panduan untuk bahasa isyarat satu tangan, sedangkan BISINDO menggunakan isyarat dua tangan untuk berkomunikasi antar pengguna bahasa isyarat. Di Indonesia, sistem yang lebih sering digunakan untuk perbincangan sehari-hari adalah BISINDO serta dipelajari oleh tunarungu dan tunawicara dengan lebih mudah, membuatnya sudah menyerupai bahasa daerah. Selain itu, BISINDO tidak mewajibkan penggunaannya untuk mengikuti aturan bahasa Indonesia, yang membuatnya lebih cepat dan praktis untuk belajar.

Sebenarnya, BISINDO sudah ada bahkan sebelum kemerdekaan Indonesia. Sayangnya, saat itu literatur, penelitian dan kajian mengenai BISINDO masih sangatlah minim. Referensi yang sangat minim ini membuat BISINDO tidak populer di masyarakat luas termasuk pemerintah. Hal itulah yang menyebabkan hingga saat ini pemerintah masih mempertahankan penggunaan SIBI di sekolah-sekolah formal SLB/B [1].

Dari permasalahan tersebut dibutuhkan aplikasi *Mobile* yang dapat membantu masyarakat umum berkomunikasi dengan tunarungu dan tunawicara. Selain itu, dengan menggunakan media modern ini, diharapkan dapat menjadi alat untuk mempopulerkan BISINDO di lingkungan masyarakat dan pemerintah.

Untuk mewujudkan itu, dibutuhkan sistem yang mampu membaca gerakan bahasa isyarat secara *realtime* dan akurat. Selain itu, aplikasi *Mobile* yang sederhana dan tidak rumit juga dibutuhkan.

Kajian pustaka ini dibuat untuk mengkaji penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki sangkut paut dengan pengenalan bahasa isyarat. Pembahasan utama yang menjadi fokus utama dalam kajian pustaka ini adalah metode pengenalan bahasa isyarat yang digunakan, dan metode untuk pengembangan aplikasi *Mobile*-nya.

Beberapa pertanyaan yang dibahas dalam kajian pustaka ini di antaranya: (a) metode apa yang menghasilkan hasil paling akurat untuk sistem pengenalan bahasa isyarat?; dan (b) metode apa yang paling efektif untuk pengembangan aplikasi *Mobile*?

Analisis dan temuan akan disajikan sebagai berikut. Subbab 2 menjelaskan strategi seleksi literatur. Subbab 3 menjelaskan temuan yang ditemukan dalam penelitian penelitian yang dikaji. Subbab 4 menjelaskan kesimpulan dari kajian pustaka ini.

II. STRATEGI SELEKSI LITERATUR

Kajian pustaka ini ditulis dengan mengkaji literatur literatur terdahulu yang berkaitan dengan sistem pengenalan bahasa isyarat dan pengembangannya dalam bentuk aplikasi *Mobile*. Terdapat beberapa kriteria dalam menyeleksi literatur yang akan dikaji, di antaranya:

A. Portal Literatur yang Digunakan

Kajian pustaka ini ditulis dengan mengkaji literatur yang tersedia di situs *Google Scholar*.

B. Batasan Selesi Literatur

Literatur yang dipilih sebagai bahan kajian merupakan pustaka-pustaka dari 11 tahun terakhir.

C. Kata Kunci dan Kombinasinya dalam Pencarian Literatur

- *Sign Language Recognition Using Deep Learning*
- Pengenalan Bahasa Isyarat Menggunakan *Deep Learning*
- *Deep Learning Sign Language Recognition*
- *Deep Learning* untuk Pengenalan Bahasa Isyarat
- *Gesture Recognition*
- Aplikasi *Mobile* Pengenalan Bahasa Isyarat
- *Sign Language Recognition Mobile Application*

III. TEMUAN

A. Gambaran Umum Literatur

Kajian pustaka ini mengkaji 8 penelitian mengenai pengenalan bahasa isyarat. Dari kajian ini, diketahui bahwa penelitian-penelitian tersebut menggunakan berbagai macam metode, algoritma, dan model arsitektur yang berbeda. Hasil dari penelitian ini adalah sistem untuk mengenali dan klasifikasi gerakan bahasa isyarat.

B. Metode Image Processing

Dari 8 literatur yang dikaji, diketahui bahwa metode-metode yang telah diimplementasikan adalah metode-metode dari *deep learning* dan *image classification*, contohnya termasuk *Convolutional Neural Network*. Untuk pengembangan sistem pengenalan bahasa isyarat sendiri juga mayoritas menggunakan bahasa pemrograman python. Ada juga metode-metode yang menggunakan metode *machine learning* tradisional seperti Algoritma *K Nearest Neighbor Classifier* dan *Support Vector Machine*.

Pustaka nomor [15] menggunakan *algoritma K Nearest Neighbor Classifier* dengan perangkat keras *webcam*. Untuk melakukan proyek itu, perangkat keras *webcam* digunakan untuk menangkap posisi tangan. Posisi tangan itu akan diekstrak lalu diklasifikasi. Penulis menggunakan *HaarClassifier* yang sudah di training untuk mencari letak tangan dari setiap frame yang dihasilkan. Bentuk tangan didapatkan dengan *skin detection* dan *noise removal* kemudian dilanjutkan *thresholding* dan normalisasi.

Oleh pustaka [17], sistem jaringan syaraf tiruan perambatan balik diterapkan untuk melakukan klasifikasi isyarat tangan statis. Sebelum klasifikasi, citra tangan disegmentasi dan diekstrak terlebih dahulu. Segmentasi dilakukan dengan menggunakan *filter HSV*, sedangkan ekstraksi menggunakan dekomposisi *wavelet Haar filter*.

Pada pustaka nomor [16], penulis menggunakan *Support Vector Machine Classification* untuk membangun model pelatihan dan membuat prediksi. *Pattern recognition*, *Kernel Trick* dan *Non Linear Classification SVM* diaplikasikan dalam pembangunan sistem ini.

Meskipun memiliki hasil dan akurasi yang cukup memuaskan, namun metode-metode seperti yang dipakai oleh pustaka [17] dan [16] agak tertinggal jika dibandingkan

dengan metode-metode yang lebih baru seperti *Deep Learning*. Salah satu metode paling populer dari *Deep Learning* untuk klasifikasi citra adalah *Convolutional Neural Network (CNN)*

Convolutional Neural Network (CNN) adalah salah satu metode yang paling populer untuk digunakan untuk klasifikasi gambar dalam sistem pengenalan bahasa isyarat. Pustaka nomor [3], [4], [5], dan [18] menggunakan *Deep Learning* dengan metode CNN untuk membuat sistem pengenalan bahasa isyarat mereka. Berbagai model arsitektur seperti ResNet [4], VGG16 [3] [4] dan Inception [4] juga diterapkan untuk mendapatkan hasil klasifikasi citra tangan kecuali pustaka [4] yang menggunakan citra fundus.

Alasan kenapa *deep learning* paling populer adalah karena akurasi yang dihasilkan oleh metode ini cukup baik, terutama dengan metode CNN yang relatif modern juga. Metode lainnya meskipun sudah memiliki hasil yang relatif bagus, masih sangat bergantung pada kondisi citra seperti pencahayaan, warna kulit dan latar belakang. Selain itu, *deep learning* menggunakan *layer-layer* dari *artificial neural network*, berbeda dari algoritma *machine learning* yang selalu membutuhkan data yang terstruktur. Ini berarti, *machine learning* melakukan pembelajaran melalui dataset yang dilabelkan sehingga membutuhkan bantuan manusia ketika output data bukanlah yang diinginkan, sedangkan *deep learning* tidak membutuhkan bantuan manusia karena *layer-layer* di *neural networks* menempatkan data melalui hierarki-hierarki dari konsep-konsep yang berbeda sehingga algoritma dapat belajar dari *error* secara mandiri.

Perbandingan metode-metode klasifikasi gambar untuk pengenalan bahasa isyarat dapat dilihat di Tabel 1:

Tabel 1. Perbandingan metode-metode di literatur

Nomor Pustaka	Metode	Jenis Bahasa Isyarat	Hasil dan akurasi
[3]	<i>Convolutional Neural Network</i> , (model arsitektur Inception v3, VGG16)	Bangla Sign Language	Akurasi rata-rata 99%
[5]	<i>Convolutional Neural Network</i> (model dikembangkan dari model ASL)	BISINDO	Akurasi 94,38%
[15]	Algoritma <i>K Nearest Neighbor Classifier</i>	SIBI	Akurasi 89,68 %, namun belum bisa mendeteksi huruf M, N, S, T, J dan Z
[16]	<i>Support Vector Machine Classification</i>	BISINDO	Angka akurasi tidak dicantumkan, tapi hasil deteksi masih sangat bergantung pada deteksi tangan
[17]	Sistem jaringan syaraf tiruan perambatan balik	SIBI	Akurasi sebesar 69%
[18]	<i>Convolutional Neural Network</i>	Isyarat Tangan untuk Perintah Robot Beroda	akurasi 97,5%, presisi 97,57%, sensitivitas 97,5%, spsivisitas 99,77%, f1score 97,45%

C. Data

Berikut ini adalah Tabel 2 yang memuat data-data yang digunakan oleh masing-masing literatur yang disebutkan di dalam redaksi literatur sesuai nomor pustaka:

Tabel 2. Data yang digunakan literatur – literatur pustaka

Nomor Pustaka	Data yang Digunakan
[3]	Bangka Sign Language extended dataset (518 gambar isyarat tangan yang diambil menggunakan kamera beresolusi tinggi)
[4]	Retina Image Bank dan MESSIDOR berisi 128 citra yang dibagi menjadi 16 bagian sehingga menjadi 2018 patches
[5]	Dataset BISINDO hasil observasi berjumlah 2659 gambar bahasa isyarat terbagi dalam 26 kelas sejumlah alfabet

D. Metode Pengembangan Aplikasi

Ada banyak metode untuk mengembangkan aplikasi *Mobile*, namun hanya beberapa saja yang terkenal seperti *Waterfall* dan *Extreme Programming*. Metode-metode ini dapat membantu pengembangan aplikasi *Mobile*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh penulis pustaka [6], metode *Waterfall* jadi pilihan untuk mengembangkan aplikasi *Mobile*. Metode *Waterfall* memiliki ciri khas sebagai metode yang terstruktur dan sistematis. Pengembangan aplikasi menggunakan metode ini dilakukan secara bertahap dan tahap selanjutnya bergantung pada tahap sebelumnya. Apabila tahap sebelumnya belum selesai, maka tahap selanjutnya tidak bisa dimulai.



Gambar 1. Model *Waterfall* [10]

Pada metode *Waterfall*, ada 5 tahapan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 di atas. Di bawah ini adalah penjelasan tiap tahapannya:

- Requirements, pada tahap ini, pengembang aplikasi mencari informasi tentang kebutuhan aplikasi yang akan dikembangkan. Informasi bisa didapatkan melalui survey, observasi atau wawancara.
- Design adalah tahap setelah pengembang aplikasi mencari tahu informasi tentang kebutuhan aplikasi. Pengembang aplikasi akan membuat desain dari sistem dan aplikasi itu sendiri. Desain tentunya sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang sudah didapatkan.
- Implementation atau biasa disebut juga dengan tahapan *coding*, disini pengembang aplikasi mulai

mengubah bentuk desain tadi agar dipahami oleh mesin. Caranya dengan menggunakan bahasa pemrograman melalui proses *coding*.

- Verification adalah dimana pengembang aplikasi akan menguji coba aplikasi serta fitur-fitur di dalamnya. Ini berguna untuk mencari tahu *error* di dalam aplikasi dan memperbaikinya. Selain itu, juga berguna untuk memastikan lagi kalau hasil aplikasi benar-benar sudah sesuai dengan kebutuhan.
- Maintenance adalah tahap aplikasi sudah dioperasikan di lingkungannya dan juga dilakukannya pemeliharaan agar aplikasi terus beradaptasi dengan situasi sebenarnya. *Update* fitur juga dilakukan di tahapan ini.

Selain metode *Waterfall*, ada metode lain yang cukup baru dan sudah dikenal. Nama metode ini adalah *Extreme Programming* (XP). Metode ini lebih memfokuskan pada pengembangan aplikasi yang lebih responsif terhadap kebutuhan user. XP menuntut komunikasi antara user dan pengembang aplikasi yang lebih sering dan intensif.

Pada artikel [20], selain *Waterfall*, penulis juga menjelaskan tentang metode pengembangan *Agile* dan *Scrum*. Menurut penulis artikel [20], metode-metode pengembangan ini adalah yang paling populer saat ini.

Metode pengembangan *Agile* lebih menghargai hubungan pribadi antar pengguna dan pengembang. Hal ini menyebabkan metode ini lebih fleksibel daripada metode *Waterfall* yang sangat terstruktur dan sistematis. Perbedaannya terletak pada fokus metode *Agile* untuk memberi tanggapan saat ada perubahan melalui interaksi antar pengguna dan pengembang secara lebih berkala. Interaksi antara pengguna dan pengembang juga lebih berbentuk seperti kerjasama.

Scrum juga seperti metode *Agile* yang mementingkan kerjasama antara pengembang dan pengguna. Cara kerja metode ini adalah dengan membuat tujuan akhir dari proyek terpecah menjadi beberapa tujuan kecil pada awal proyek. Lalu, pengembang akan mengerjakan terlebih dahulu tujuan-tujuan kecil itu. Pengguna dan pengembang perlu interaksi yang lebih sering untuk menunjukkan hasil-hasil sementara dari proyek. Oleh karena itu, metode ini membuat perubahan dan pengembangan yang lebih cepat serta membuahkan hasil yang lebih baik. Pada dasarnya, metode ini menggabungkan struktur dan ilmu dari metode *Waterfall* dengan metode *Agile* yang menggunakan fleksibilitas dan praktik pengulangan yang modern.

Penelitian [10] telah membandingkan antara metode *Waterfall* dengan metode *Extreme Programming*. Menurut penulis, metode *Waterfall* dan *Extreme Programming* sangatlah berbeda dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Kelebihan dari metode *Waterfall* adalah sederhana dan mudah dimengerti. Selain itu, metode ini tidak terlalu bergantung pada biaya ketika kualitas diutamakan. Kelemahan dari metode *Waterfall* adalah harus mengetahui semua kebutuhan

sistem terlebih dahulu sebelum dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya. Resiko juga tinggi karena testing hanya dapat dilakukan di setiap akhir fase. Untuk metode *Extreme Programming*, kelebihanannya adalah tidak memakan banyak waktu karena tidak perlu menunggu keseluruhan dari kebutuhan sistem. Kelemahannya, pengembang aplikasi harus selalu siap dengan perubahan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian pustaka yang telah dilakukan, diketahui bahwa sudah ada beberapa upaya untuk mengembangkan aplikasi untuk pengenalan bahasa isyarat, baik dalam bentuk *Mobile* maupun desktop. Namun, metode *image processing* yang digunakan belum menggunakan metode yang akurasi tinggi menggunakan *deep learning* dengan menggunakan metode seperti *Convolutional Neural Network*. Kebanyakan dari aplikasi yang dikembangkan masih menggunakan metode *machine learning* tradisional secara realtime tapi tidak menggunakan training dataset sehingga akurasi cukup rendah dan terganggu oleh banyak faktor. Selain itu, kemandirian dari algoritma *deep learning* juga menjadi faktor penting untuk pembangunan sistem *image processing* yang baik.

Penelitian yang melakukan metode akurasi tinggi sayangnya tidak mengimplementasikannya di aplikasi *Mobile*. Sulit diketahui apa penyebabnya, karena tidak dicantumkan di literatur.

Metode terbaik yang dapat diterapkan untuk *image processing* berdasarkan literatur-literatur yang sudah dikaji, adalah *deep learning* dengan menggunakan *Convolutional Neural Network*. Selain memiliki banyak model arsitektur yang dapat dipilih untuk menyesuaikan kondisi peneliti dan kualitas *dataset*, metode ini memiliki akurasi yang tinggi.

Pengembangan aplikasi *Mobile* dapat memilih salah satu dari metode *Waterfall* atau *Extreme Programming*. Keduanya memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing, namun *Waterfall* lebih unggul karena memiliki ciri khas sebagai metode yang terstruktur dan sistematis. Dapat dipertimbangkan juga untuk menggunakan metode *Agile* dan *Scrum* untuk mendapatkan hasil yang benar-benar sesuai dengan keperluan pengguna. Namun, nampaknya metode-metode ini lebih sesuai untuk aplikasi yang lebih rumit dari sekedar mendeteksi bahasa isyarat. Saran dari penulis adalah menggunakan metode *Waterfall* yang lebih sederhana untuk aplikasi yang tidak terlalu rumit.

REFERENCES

- [1] E. K. Kumar, P. V. V. Kishore, M. T. K. Kumar, D. A. Kumar and A. S. C. S. Sastry, "Three-Dimensional Sign Language Recognition With Angular Velocity Maps and Connived Feature ResNet," in *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 25, no. 12, pp. 1860-1864, Dec. 2018, doi: 10.1109/LSP.2018.287789
- [2] Mochamad Bagus Setiyo Bakti, Yuliana Melita Pranoto, 'Pengenalan Angka Sistem Isyarat Bahasa Indonesia Dengan Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*', 2019, Teknologi Informasi, Sekolah Tinggi Teknik Surabaya.
- [3] Roisul Islam Rumi, Syed Moazzim Hossain, Ahmed Shahriar, Ekhwan Islam, 'Bengali Hand Sign Language Recognition Using *Convolutional Neural Networks*', 2019, Department of Computer Science and Engineering, Brac University.
- [4] Wahyudi Setiawan, 'Perbandingan Arsitektur *Convolutional Neural Network* Untuk Klasifikasi Fundus', 2019, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo, ISSN 2088-2130.
- [5] Riestiya Zain Fadillah, 'MODEL PENERJEMAH BAHASA ISYARAT INDONESIA (BISINDO) MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*', 2020, Fakultas Sains dan Ilmu Komputer, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Pertamina.
- [6] Purnamajaya, Ilham Adi (2019), 'Pembangunan Aplikasi Gesture To Text Dan Text To Speech Untuk Penderita Tunawicara (Studi Kasus Di Sib B Sukapura)'. Other thesis, Universitas Komputer Indonesia.
- [7] 'Developers, Meet Android Studio', 7 Agustus 2018. [Online]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro/?hl=id>, 02 Mei 2020 10.11
- [8] M. Riadi, 'Pengertian, Jenis dan Hak Penyandang Disabilitas', *KajianPustaka.com*, 31 Juli 2018. [Online]. Available: <https://www.kajianpustaka.com/2018/07/pengertian-jenis-dan-hak-penyandang-disabilitas.html>, 02 Mei 2020 10.18
- [9] S. M. Hanugra Aulia Sidharta, 'Introduction To OpenCV', BINUS MALANG, 28 Oktober 2017. [Online]. Available: <http://binus.ac.id/malang/2017/10/introduction-to-open-cv/>, 04 Mei 2020 14.43
- [10] Imam Fahrurrozi, Azhari SN, 'PROSES PEMODELAN SOFTWARE DENGAN METODE *WATERFALL* DAN *EXTREME PROGRAMMING*: STUDI PERBANDINGAN'. Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada
- [11] Abu Ahmad (2017), 'Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning'. Yayasan Cahaya Islam, Jurnal Teknologi Indonesia
- [12] Haviludin, 'Memahami Penggunaan UML (Unified Modelling Language)', 2011.
- [13] S. M. Seng Hansun, M. B. Kristanda, S.Kom., M.Sc. and M. W. Saputra, S.Kom., 'Pemrograman Android Dengan Android Studio IDE', 2018.
- [14] Rohmah Ageng Mursita, 'RESPON TUNARUNGU TERHADAP PENGGUNAAN SISTEM BAHASA ISYARAT INDONESIA (SIBI) DAN BAHASA ISYARAT INDONESIA (BISINDO) DALAM KOMUNIKASI, INKLUSI', Vol. 2, No. 2, Juli - Desember 2015
- [15] Juniar Prima Rakhman, Nana Ramadijanti, S.Kom, M.Kom, dan Edi Satriyanto S.Si, M.Si, 'TRANSLASI BAHASA ISYARAT', Jurusan Teknik Informatika, PENS-ITSSurabaya
- [16] Muhammad Yunus A., Djoko Purwanto, dan Ronny Mardiyanto, 'Penerjemahan Bahasa Isyarat Indonesia Menggunakan Kamera pada Telepon Genggam Android', Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 6, No. 1, (2017) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
- [17] Farida Asriani, dan Hesti Susilawati, 'PENGENALAN ISYARAT TANGAN STATIS PADA SISTEM ISYARAT BAHASA INDONESIA BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN PERAMBATAN BALIK', Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, MAKARA, *TEKNOLOGI*, VOL. 14, NO. 2, NOVEMBER 2010: 150-154
- [18] Habib Astari Adi, Ika Candradewi, 'Sistem Pengenal Isyarat Tangan Untuk Mengendalikan Gerakan Robot Beroda menggunakan *Convolutional Neural Network*', ISSN(print): 2088-3714, ISSN (online): 2460-7681
- [19] Hafizha Rizqa Febrina, 'PENGGUNAAN BAHASA ISYARAT SEBAGAI KOMUNIKASI (Studi Efektivitas Komunikasi Non Verbal dan Non Vokal Pada Siaran Berita TVRI Nasional Terhadap Penyandang Tunarungu SLB PGRI Minggir, Sleman, Yogyakarta)', (2015).
- [20] Guntoro, '6 Metode Pengembangan Perangkat Lunak Paling Populer', 12 Juli 2020. [Online]. Available: <https://badoystudio.com/metode-pengembangan-perangkat-lunak/>, 07 Desember 2020 19.47