

# Penggunaan *Dual Sensor Leap Motion Controller* untuk Sistem Isyarat Bahasa Indonesia

Syaiful Nugraha\*, Darlis Heru Murti\*\*, Wijayanti Nurul Khotimah\*\*\*

\* Departemen Informatika, Univeristas Musamus Merauke

\*\* Departemen Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

\*\*\* Departemen Informatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

\* [syanugraha29@gmail.com](mailto:syanugraha29@gmail.com), \*\* [darlis.herumurti@gmail.com](mailto:darlis.herumurti@gmail.com), \*\*\* [wijaycs@gmail.com](mailto:wijaycs@gmail.com)

---

## ABSTRACT

Bahasa isyarat adalah bahasa yang dibentuk dengan kombinasi gerakan jari, tangan, tubuh serta ekspresi wajah yang digunakan oleh para penyandang disabilitas seperti tunarungu dan tunawicara. Salah satu pengenalan bahasa isyarat tersebut adalah pengenalan dengan menggunakan teknologi sensor *Leap Motion Controller (LMC)*. Akan tetapi pada penerapannya, sensor *LMC* tidak selalu dapat mengenali semua jari dengan baik. Hal ini dikarenakan pembentukan dari bahasa isyarat yang saling bersentuhan antar jari, jari yang dilipat, tersembunyi ataupun terhalang oleh jari lainnya. Sehingga pada penelitian ini diusulkan penggunaan *dual* sensor *LMC* berbasis berbasis *Logarithmic Learning for Generalized Classifier Neural Network (L-GCNN)* yang bertujuan untuk mencegah dan meminimalisir adanya kesalahan dalam mengenal bahasa isyarat dari jari yang dibentuk. *L-GCNN* digunakan dan dimanfaatkan untuk dapat meningkatkan akurasi pengenalan isyarat terhadap masing-masing sensor *LMC*. Tahapan proses yang dilakukan adalah mendesain tata letak sensor dan mengkombinasikan data fitur dari masing-masing sensor baik yang bersifat statis dan dinamis yang kemudian akan diklasifikasikan. Dari hasil pengujian yang dilakukan, penggunaan *dual* sensor *LMC* ini dapat mengenal isyarat bahasa indonesia yang diberikan. Skema yang terbaik adalah dengan mengacu pada tata letak multi sensor yang saling berhadapan membentuk sudut 120 derajat dengan tingkat akurasi sebesar 86,42%, dengan rata-rata akurasi dari keseluruhan skenario sebesar 84,36%. Adanya desain tata letak sensor *LMC* dan kombinasi penggabungan data fitur masing-masing sensor dapat meningkatkan akurasi pengenalan dengan rata-rata peningkatan mencapai 5,35%.

---

**Keyword:** bahasa isyarat, *Leap Motion Controller*, *dual* sensor, kombinasi fitur, *Logarithmic Learning for Generalized Classifier Neural Network*

---

## 1. Introduction

Bahasa isyarat adalah bahasa yang dibentuk oleh kombinasi dari gerakan jari, orientasi gerakan tangan, lengan, tubuh serta gerak bibir dan ekspresi wajah. Komunikasi bahasa isyarat yang ada di Indonesia adalah salah satu komunikasi bahasa isyarat yang dibangun dengan mengadopsi dari bahasa isyarat *American Sign Language (ASL)* yang dimiliki oleh negara Amerika. Komunikasi yang dilakukan antara penyandang disabilitas ini tentunya akan sangat sulit dipahami oleh orang normal pada umumnya serta akan kesulitan untuk mengetahui dan mengerti bahasa isyarat yang disampaikan oleh tuna rungu dan tuna wicara. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan dalam metode dan cara komunikasi, begitu juga sebaliknya. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang dapat menerjemahkan perbedaan metode komunikasi tersebut antara komunikasi bahasa isyarat dengan komunikasi bahasa normal.

Dalam bidang teknologi tentunya, selama dekade terakhir ini telah banyak penelitian dilakukan dan beberapa penelitian pengenalan bahasa isyarat tersebut adalah berfokus pada algoritma yang digunakan atau metode yang terdiri dari isyarat statis dan dinamis[1]. Telah banyak karya penelitian yang diarahkan dan dilakukan untuk mengembangkan pengenalan bahasa isyarat yang berbeda-beda. Beberapa penelitian tersebut adalah *American Sign Language (ASL)*[2], *Malaysian Sign Language*[3], *Indian Sign Language (ISL)* [4] dan *Arabic Sign Language (ArSL)*[5]. Penelitian bahasa isyarat lainnya dengan melakukan pendekatan berbasis citra dan juga sensor, dimana algoritma bahasa isyarat dibagi menjadi tiga bagian yaitu pengenalan berdasarkan huruf, kata dan kalimat. Dimana teknik pengenalan kata adalah menangkap dan menganalisa setiap citra yang berkelanjutan yang merepresentasikan keseluruhan kata dalam bahasa isyarat[6].

Perkembangan penelitian bahasa isyarat saat ini tentunya tidak hanya bergantung pada algoritma dan teknik pengenalan isyarat saja, akan tetapi para peneliti juga telah banyak mempresentasikan dari teknologi sensor yang ada. Sensor seperti *smart glove* [7], kamera digital [8] hingga kamera *kinect* [9] digunakan sebagai alat masukan (*input device*) bagi manusia untuk berinteraksi dengan sistem dan mengenali bahasa isyarat yang diberikan. Teknologi sensor lainnya yang terkini adalah *Leap Motion Controller (LMC)*. Pada penelitian mengenai bahasa isyarat dengan menggunakan *LMC* yang telah diperkenalkan ini, contohnya adalah penelitian dengan menggunakan *K-Nearest Neighbor (KNN)* serta *Support Machine Vector (SVM)* digunakan sebagai algoritma yang mengklasifikasi 26 huruf alfabet dari bahasa isyarat yang ada [10]. Kombinasi dari gabungan fitur statis untuk isyarat statis dan fitur dinamis untuk isyarat berupa gestur, diperoleh dari *LMC* berdasarkan pada metode *Logarithmic learning for generalized classifier neural network (L-GCNN)* [11]. Akan tetapi pada penerapannya, dikatakan bahwa sensor penangkap gerak seperti *kinect* dan *LMC* tidak selalu dapat mengenali semua jari. Karena tidak hanya jari yang saling bersentuhan, tetapi jari yang dilipat, tersembunyi ataupun terhalang jari lainnya dapat menyebabkan sensor kamera tidak dapat mengenali dan menangkap dengan baik [12]. Sehingga dibutuhkan beberapa sensor lainnya atau lebih dari satu sensor (multi sensor) untuk dapat meminimalisir dan mengatasi hal tersebut.

Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan sebuah metode pengenalan isyarat pada Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI) yang mengkombinasikan informasi dan data berupa fitur statis dan fitur dinamis yang diperoleh dari dua buah sensor *LMC (dual sensor)*. Metode yang diusulkan mencakup tahapan desain *dual sensor*, pengumpulan data, ekstraksi fitur serta tahapan klasifikasi. Sehingga pemanfaatan dari penggunaan *dual sensor* ini dapat memaksimalkan proses deteksi dan capture sensor terhadap isyarat tangan yang diberikan serta dapat meningkatkan akurasi pengenalan terhadap sistem isyarat bahasa Indonesia.

## 2. Research Method

Pada bagian ini, dijelaskan beberapa teori dasar pendukung penelitian, desain penelitian dan metode serta tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan, seperti berikut :

### 2.1. Leap Motion Controller (LMC)

Sistem *LMC* merupakan sistem yang dapat mengenal gerakan tangan, menggunakan sensor optik dan cahaya inframerah. Sensor yang diarahkan sepanjang arah sumbu y saat controller dalam pengoperasian standar dan memiliki bidang pandang 150 derajat. Jarak efektif *LMC* memanjang diatas perangkat dari 25 – 600 milimeter (1 inci – 2 kaki). *LMC* dapat mendeteksi tangan, jari dan alat yang berada pada bidang pandang *LMC*. Setiap objek frame menunjukkan frame yang mengandung daftar data deteksi seperti tangan, jari dan alat yang berbentuk seperti jari, serta deteksi gerakan [13].

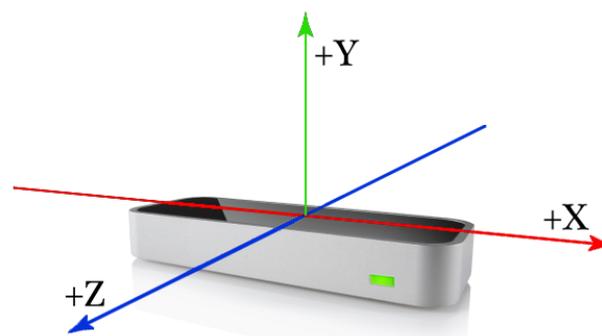


Figure 1. Sistem koordinat *leap motion*.

Model tangan memberikan informasi tentang identitas, posisi, dan karakteristik lain dari tangan yang terdeteksi, lengan merupakan tempat dimana tangan terpasang, dan daftar jari yang terkait dengan tangan. Gerakan jari yang terselip terhadap tangan atau terlindung dari sensor *LMC* biasanya tidak dapat terdeteksi. *LMC* dapat mendeteksi lebih dari dua tangan ketika ada tangan orang lain yang muncul, namun frame hanya dapat mendeteksi dua tangan yaitu tangan kanan dan tangan kiri. Untuk hasil pelacakan yang optimal harus menggunakan maksimal dua tangan [13].



Figure 2. Deteksi tangan oleh *leap motion controller*.

## 2.2. Logarithmic Learning for Generalized Classifier Neural Network (L-GCNN)

L-GCNN merupakan metode klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini. Tidak seperti jaringan syaraf tiruan berbasis radial basis function lainnya, L-GCNN menggunakan fungsi logarithmic sehingga dapat mengurangi jumlah iterasi untuk mencapai error minimal. Metode ini memiliki 5 layer utama yaitu input, pattern, summation, normalization dan output layer [14].

**Algoritma** L-GCNN untuk proses pelatihan [11]:

**Input** : epoch, lr, data training,  $a_{te}$

**Output** : parameter smoothing

Inisialisasi parameter smoothing  $\sigma$  dan  $y_{max}$

**while** iterasi  $\leq$  epoch

**for** setiap data uji coba  $t_j$

**if** iterasi  $> 1$

**if**  $(\sigma_j + lr * \frac{\partial e}{\partial \sigma_{id}}) > 0$

        Update  $\sigma_j$  dengan  $\frac{\partial e}{\partial \sigma}$

        Temukan jarak euclidean distance antara data input dan data training,  $dist(j)$

        Lakukan fungsi aktivasi RBF,  $r(j)$

**for** setiap kelas ;  $i$

          Hitung divergen effect term,

$$d(j, i) = e^{(y(j,i) - y_{max})} * y(j, i)$$

          Hitung  $u_i = \sum_{j=1}^p d(j, i) * r(j)$  dan  $D = \sum_{j=1}^p r(j)$

          Hitung normalisasi nilai layer neuron

$$c_i = \frac{u_i}{D}$$

**end for**

        Temukan pemenang neuron dan nilainya ;  $[o, id] = \max(c)$

        Untuk update divergen effect term nilai neuron pemenang yang akan tersimpan ;  $c_{max}(\text{iterasi}) = c_{id}$

        Hitung logarithmic cost

$$e = (y(z, id) * \log(c_{id})) + (1 - y(z, id)) * \log(1 - c_{id})$$

        Dimana  $z$  menunjukkan input ke- $z$

**end for**

$y_{max} = \max(c_{max})$

    increment iterasi

**if**  $te \leq a_{te}$

    Stop training

**end while**

L-GCNN memiliki dua proses yaitu proses pelatihan dan proses uji coba. Pada proses pelatihan *input*-nya adalah *epoch*, *learning rate*, *data training*, dan *error minimum*, sedangkan outputnya adalah nilai

*parameter smoothing*. Pada proses uji coba *input*-nya adalah *parameter smoothing* yang didapatkan dari proses pelatihan dan data uji coba, sedangkan *output* dari proses uji coba adalah kelas.

**Algoritma** L-GCNN untuk proses uji coba [11]:

**Input** : parameter smoothing, data testing

**Output** : kelas

**for** setiap data training;  $t_j$

    Temukan euclidean distance data test dengan data training,  $dist(j)$

    Tentukan dengan fungsi aktivasi RBF,  $r(j)$

**for** setiap kelas;  $i$

        hitung divergen effect term,

        hitung jumlah dari dot produk dari diverge effect;  $U_i$

        dan denominator;  $D$

        hitung nilai neuron layer normalisasi;  $c_i$

**end for**

    Temukan neuron pemenang dan nilainya;  $[o, id] = \max(c)$

**end for**

### 2.3. Desain Dual Sensor LMC

Tata letak yang pertama adalah tata letak 90 derajat dapat dilihat (Figure 3.a). Dimana kedua buah sensor *LMC* saling membentuk sudut 90 derajat, *LMC1* diletakkan di bidang datar atau secara horizontal sedangkan *LMC2* diletakkan menggunakan penyangga yang disusun secara vertikal dan dengan jarak daerah perekaman masing-masing sekitar 25-35 cm.

Tata letak yang kedua adalah tata letak yang disebut tata letak 120 derajat, lihat pada (Figure 3.b). Kedua buah sensor hampir sama diletakkan pada desain yang pertama. *LMC1* berada horizontal pada bidang datar, sedangkan *LMC2* diletakkan secara diagonal sehingga membentuk sudut sekitar 120 derajat, tentunya dengan jarak perekaman yang sama dengan sebelumnya.

Tata letak yang ketiga adalah tata letak 180 derajat, lihat pada (Figure 3.c). Tata letak ini berbeda dari kedua desain sebelumnya. Kedua *LMC* diletakkan saling tegak lurus dan horizontal. Akan tetapi sudut pandang dari capture masing-masing *LMC* berbeda.

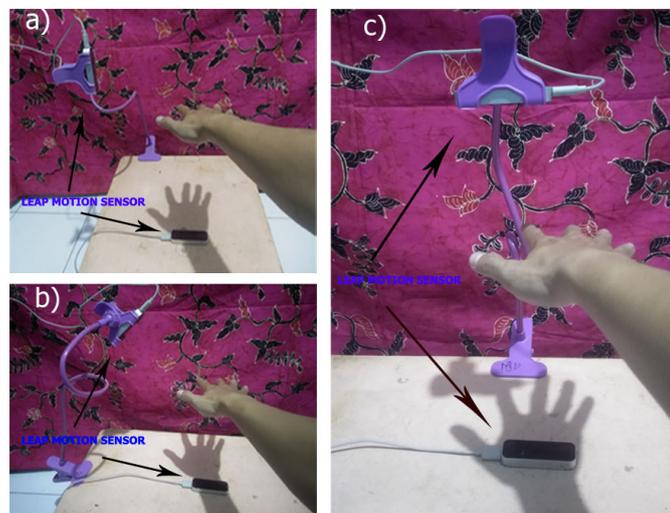


Figure 3. Desain tata letak *dual* sensor *LMC*. a) 90 derajat b) 120 derajat c) 180 derajat

#### 2.4. Metodologi Penelitian

Gambar di bawah adalah diagram tahapan metodologi penelitian yang dilakukan dengan menggunakan dua buah sensor *LMC*. Gambar di bawah juga menunjukkan proses kombinasi terjadi pada level fitur setelah proses ekstraksi fitur oleh kedua sensor *LMC*.

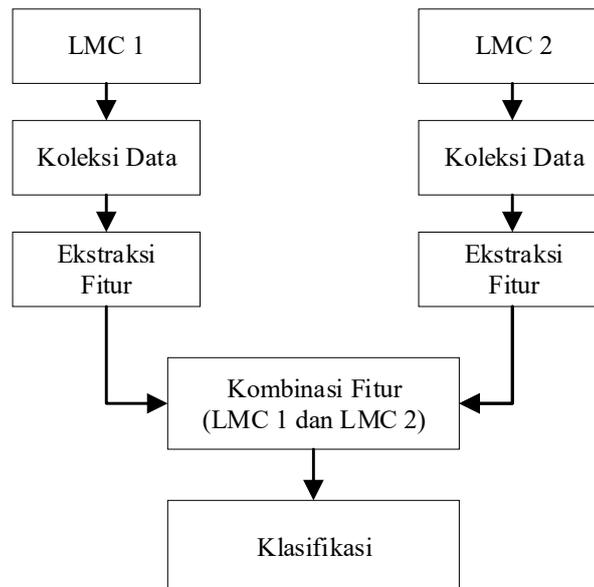


Figure 4. Sistem pengenalan isyarat Bahasa Indonesia dengan *dual* sensor *LMC*.

Penelitian dimulai dengan menyiapkan sensor *LMC* sebanyak dua buah. Masing-masing sensor *LMC* akan diletakkan pada sudut dan jarak yang telah ditentukan sesuai skenario (Figure 3). Secara singkat, sistem pengenalan isyarat bahasa Indonesia ini melalui tahapan proses yang sama antara sensor *LMC1* dan *LMC2*. Proses yang dilakukan adalah pengumpulan sampel atau dataset yang diperoleh dari hasil pendeteksian pada masing-masing sensor *LMC* terhadap isyarat tangan berdasarkan Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI). Data koordinat isyarat tangan tersebut yang dijadikan sebagai bahan input ke dalam sistem yang akan diproses pada tahap selanjutnya. Ekstraksi fitur adalah proses penyeleksian ataupun pengambilan suatu ciri dan karakteristik dari bentuk isyarat yang telah di-input sebelumnya. Kemudian proses kombinasi dengan menggabungkan hasil ekstraksi fitur dari dua sensor *LMC*, kemudian melakukan proses pelatihan dan uji coba klasifikasi terhadap data yang telah dikumpulkan.



Figure 5. Sistem Isyarat Bahasa Indonesia (SIBI)

Sebanyak 26 huruf alfabet dari SIBI yang ditunjukkan pada Figure 5, akan diuji pada penelitian ini, ditambah dengan satu posisi tangan normal. Isyarat yang ada pada SIBI, dikategorikan menjadi dua bagian,

yaitu isyarat statis dan isyarat dinamis[15]. Isyarat dinamis merupakan isyarat yang diberikan dengan gerakan jari atau tangan. Oleh karena itu, diperlukan beberapa fitur yang telah dipilih untuk memberikan ciri dari masing-masing kelas atau huruf tersebut. Untuk satu perekaman data dilakukan dengan menggunakan 10 frame, dan masing-masing huruf akan direkam sebanyak sepuluh kali. Sehingga total dari data yang diperoleh adalah 270 dataset per skenario.

Table. 1 Fitur Isyarat Statis dan Dinamis

No	Nama Fitur	Satuan	Tipe
1	<i>Average spread</i>	mm	Fitur Statis
2	<i>Average tri-spread</i>	mm	Fitur statis
3	<i>Extended distance</i>	mm	Fitur statis
4	<i>Hand gesture</i>	[ 0-9 ]	Fitur Dinamis

Table. 2 Perekaman fitur sensor LMC

Data	Fitur statis			Fitur dinamis									Kelas		
	<i>Average spread</i>	<i>Average tri-spread</i>	<i>Extended distance</i>	<i>Hand Gesture</i>											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	24.04	740.86	55.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A
2	23.34	747.05	56.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A
3	37.25	1328.68	217.35	0	0	0	3	3	4	4	4	0	0	0	J
4	34.75	1111.25	218.15	0	0	0	3	3	3	4	4	0	0	0	J

### 3. Analisis Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, proses pengumpulan data sampel, pelatihan serta pengujian data dilakukan dengan menggunakan beberapa dukungan perangkat keras maupun perangkat lunak, sebagai berikut :

Table. 3 Perangkat Uji Coba Penelitian

No	Perangkat Uji Coba	Jumlah	Keterangan
1	Sensor LMC	2 unit	Hardware
2	Komputer Jinjing/ Laptop	2 unit	Hardware
3	Kabel Jaringan/ UTP	1 unit	Hardware
4	Holder Sensor	1 unit	Hardware
5	SDK LeapJava Developmentkit	-	Software
6	Eclipse Java	-	Software

Leap motion visualizer adalah API dari developer yang men-visualisasikan bentuk tangan dalam animasi 3D yang dapat digunakan sebagai acuan dalam perekaman titik-titik koordinat tangan. Ketika visualisasi tangan dalam animasi sama bentuknya dengan tangan yang dideteksi maka titik-titik koordinat tangan yang direkam benar, karena titik-titik koordinat tangan yang direkam berdasarkan pada visualisasi tangan pada Leap Motion Visualizer.

Uji coba yang dilakukan pada penelitian ini, secara garis besar dibagi menjadi tiga tahapan. Skenario kombinasi pada level fitur yang diperoleh dari LMC1 dan LMC2. Pertama, skenario uji coba kombinasi pada level fitur dengan mengacu pada tata letak dua sensor LMC membentuk 90 derajat (Figure 3a). Kedua adalah kombinasi pada level fitur dengan mengacu pada tata letak dua sensor LMC membentuk 120 derajat(Figure 3b). Yang ketiga adalah kombinasi pada level fitur dengan mengacu pada tata letak dua sensor LMC membentuk 180 derajat atau saling berhadapan (Figure 3c).

#### 3.1. Uji Coba Single Sensor

Sebelum melakukan uji coba terhadap penggunaan *dual* sensor ini, skenario pertama adalah menguji sebuah sensor LMC berdasarkan tata letak yang ditentukan. Hasil yang diperoleh nantinya akan dibandingkan dengan skenario berikutnya yaitu skenario kombinasi *dual* sensor. Pada uji coba ini, dataset dibagi menjadi data latih sebanyak 70% dari dataset dan 30% dataset sebagai data uji. Sehingga data uji coba menjadi 81 data dan masing-masing kelas memiliki 3 data uji. Berikut adalah hasil uji coba sensor LMC(single sensor) menggunakan LG-CNN.

Table. 4 Hasil akurasi single sensor LMC

No	Letak sensor LMC	Akurasi(%)	Laju error(%)
1	Horizontal/ 0 degree	77.777	22.223
2	Vertikal/ 90 degree	80.246	19.754
3	Diagonal/120 degree	81.481	18.519
4	Horizontal/ 180 degree	76.543	23.457

#### 3.2. Uji Coba Dual Sensor

Diagram blok yang terdapat pada Figure 4, dijelaskan bahwa proses kombinasi fitur yang diperoleh dari *LMCI* dan *LMC2* terjadi setelah adanya proses ekstraksi fitur pada masing-masing sensor *LMC* sebelum dilakukan tahapan penggabungan data dan kombinasi fitur. Contoh hasil kombinasi pada level fitur dari kedua sensor dapat dilihat pada Table. 5. Skenario pengujian akan diuji cobakan berdasarkan skenario dengan membagi dataset menjadi 70% data latih dan 30% data uji, sehingga data yang akan diuji untuk masing-masing kelas sebanyak tiga data uji.

Table. 5 Kombinasi Fitur *dual* sensor *LMC*

Kombinasi Fitur <i>Dual</i> <i>LMC</i>																								Kelas
f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	f12	f13	f14	f15	f16	f17	f18	f19	f20	f21	f22	f23	f24	
88.46	1456.95	65.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83.86	1309.40	56.44	0	0	0	0	0	0	0	0	A	
88.98	1494.35	65.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83.86	1312.63	56.93	0	0	0	0	0	0	0	0	A	
172.227	5546.136	102.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151.783	3176.999	101.85	0	0	0	0	0	0	0	0	B	
172.338	5539.925	102.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153.021	3297.487	101.97	0	0	0	0	0	0	0	0	B	
255.609	7000.999	90.2854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274.43	6159.798	83.385	0	0	0	0	0	0	0	0	Y	
254.297	6964.147	90.3276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274.506	6162.386	83.129	0	0	0	0	0	0	0	0	Y	
141.902	3106.127	105.586	0	4	3	1	0	1	0	3	3	124.215	2730.92	91.961	0	8	0	3	3	3	0	8	8	Z
137.906	3025.712	105.916	8	0	2	0	3	4	3	3	8	125.812	2748.678	92.279	8	0	1	3	3	3	0	8	8	Z

1. Skenario 1 adalah uji coba kombinasi pada level fitur dengan mengacu pada tata letak dua sensor *LMC* membentuk 90 derajat.

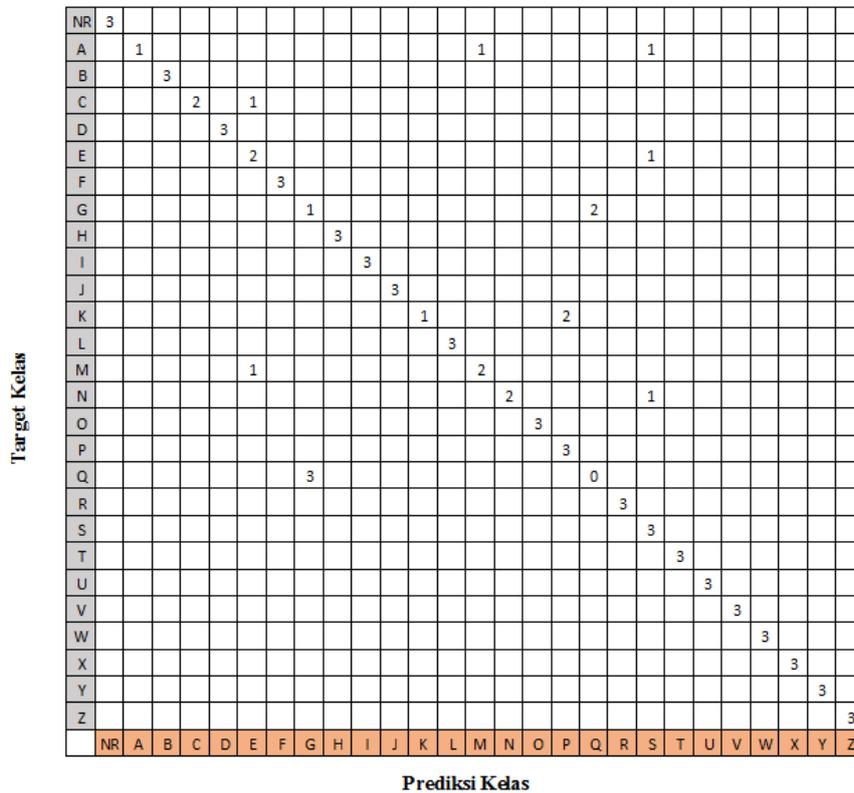


Figure 6. Hasil uji coba skenario 1.

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa pengenalan tiap huruf untuk setiap data uji coba mempunyai hasil yang cukup baik. Beberapa kali terjadi kesalahan pengenalan terhadap huruf A, C, E, G, M, N dan S. Kesalahan pengenalan tersebut terjadi karena fitur yang dibentuk masing-masing huruf tersebut mempunyai tingkat kemiripan yang sangat tinggi. Huruf Q sama sekali tidak dapat dikenali dan terprediksi merupakan huruf G. Berbeda dengan huruf seperti huruf B, D, F, I, L, V, W, X, dan Y pengenalan terhadap huruf tersebut sangat baik karena memiliki fitur yang tingkat kemiripannya rendah dibandingkan dengan huruf-huruf yang lain. Huruf J dan Z yang bersifat dinamis dapat dikenal dengan baik karena kedua huruf tersebut bersifat dinamis. Sehingga dari hasil uji coba skenario 1 dapat menghasilkan tingkat akurasi sebesar 83,95%.





### 3.3. Pembahasan

Dari hasil uji coba yang dilakukan, kombinasi dari penggabungan data fitur yang diperoleh dari masing-masing sensor mempunyai akurasi pengenalan yang baik dibandingkan penggunaan *single* sensor *LMC*. Pada penelitian sebelumnya, hasil yang diperoleh pada penggunaan *single* sensor dapat dijelaskan bahwa peningkatan akurasi diperoleh dari penggabungan data fitur statis dan fitur dinamis yaitu akurasi 76,30% meningkat menjadi 82,97% atau peningkatan akurasi sebesar 6,67%[11]. Walaupun dalam pengujian penelitian ini masih terjadi beberapa kesalahan, kesalahan pengenalan pada tiap-tiap skenario disebabkan oleh huruf-huruf yang memiliki kemiripan bentuk fitur. Namun secara keseluruhan, dapat dikatakan pengenalan bahasa isyarat yang dilakukan sangat baik dan mampu menghasilkan nilai akurasi yang cukup tinggi. Jari yang tertutup atau yang terhalang oleh jari lainnya dapat diminimalisir dengan adanya letak sensor lainnya. Fitur dinamis yaitu fitur yang diperoleh dari gerakan tangan juga dapat dikenali dengan baik pada skenario pengujian 1 sampai skenario 3. Dengan mengacu pada tata letak dan sudut kedua sensor, akurasi yang dihasilkan dapat meningkat dibandingkan dengan penggunaan satu sensor *LMC*. Skenario dengan hasil akurasi tertinggi diperoleh dari hasil skenario skenario 2. Skenario 2 memiliki akurasi sebesar 86,42%, dimana skenario penggabungan fitur dari dua sensor *LMC* tersebut mengacu pada sudut dan tata letak sensor 120 derajat. Berdasarkan analisis yang dilakukan, hal ini dapat terjadi karena daya capture sensor yang maksimal terhadap isyarat tangan yang diberikan dengan bersumber dari dua buah sensor *LMC*. Huruf-huruf yang memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dapat diminimalisir tentunya dengan mengacu pada letak kedua sensor *LMC*. Sehingga pembentukan isyarat yang cukup sulit dapat diatasi dengan baik. Oleh karena itu kelemahan *LMC* yang tidak dapat mengenal isyarat bahasa Indonesia seperti jari yang tersembunyi, terlipat atau terhalang oleh jari lainnya, dapat dideteksi dengan skenario yang mengacu pada tata letak kedua sensor dan juga kombinasi data fitur yang dilakukan pada penelitian ini.

### 4. Conclusion

Penambahan dan seleksi fitur pada penelitian ini sangat diperlukan untuk dapat menambah keragaman ciri dan karakteristik setiap huruf, karena sistem isyarat bahasa Indonesia atau SIBI memiliki beberapa isyarat yang memiliki kemiripan yang tinggi. Setelah berbagai uji coba yang dilakukan dan hasil yang diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya kombinasi yang dilakukan pada level fitur dari dua sensor *LMC*, baik fitur statis dan dinamis pada sistem isyarat bahasa Indonesia dapat dikenal dengan baik dengan rata-rata akurasi 84,36%. Dan dengan mengacu pada tata letak dan sudut sensor *LMC* serta kombinasi fitur yang diperoleh dari dua buah sensor *LMC*, hasil yang diperoleh dapat mengalami peningkatan hasil akurasi mencapai 5,35%. Skenario terbaik dalam penggunaan *dual* sensor ini adalah penggunaan *dual* sensor yang letaknya mengacu pada skenario 2 yaitu sensor saling berhadapan dengan membentuk sudut 120 derajat dengan hasil akurasi mencapai 86,42%.

### References

- [1] S. Kausar and M. Y. Javed, "A Survey on Sign Language Recognition," *2011 Front. Inf. Technol.*, no. October, pp. 95–98, 2011.
- [2] C. Oz and M. C. Leu, "Linguistic properties based on American Sign Language isolated word recognition with artificial neural networks using a sensory glove and motion tracker," *Neurocomputing*, vol. 70, no. 7, pp. 2891–2901, 2007.
- [3] M. M. Zaki and S. I. Shaheen, "Sign language recognition using a combination of new vision based features," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 32, no. 4, pp. 572–577, 2011.
- [4] P. Das, R. De, S. Paul, M. Chowdhury, and B. Neogi, "ANALYTICAL STUDY AND OVERVIEW ON GLOVE BASED INDIAN SIGN LANGUAGE INTERPRETATION," pp. 313–318, 2015.
- [5] a. S. Elons, M. Abull-Ela, and M. F. Tolba, "A proposed PCNN features quality optimization technique for pose-invariant 3D Arabic sign language recognition," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 13, no. 4, pp. 1646–1660, 2013.
- [6] M. Mohandes, S. Aliyu, and M. Deriche, "Arabic sign language recognition using the leap motion controller," *2014 IEEE 23rd Int. Symp. Ind. Electron.*, pp. 960–965, 2014.
- [7] N. Praveen, N. Karanth, and M. S. Megha, "Sign language interpreter using a smart glove," *2014 Int. Conf. Adv. Electron. Comput. Commun. ICAECC 2014*, 2014.
- [8] A. Kuznetsova, L. Leal-Taixe, and B. Rosenhahn, "Real-Time Sign Language Recognition Using a Consumer Depth Camera," *2013 IEEE Int. Conf. Comput. Vis. Work.*, pp. 83–90, 2013.
- [9] L. Geng, X. Ma, B. Xue, H. Wu, J. Gu, and Y. Li, "Combining features for Chinese sign language recognition with Kinect," *IEEE Int. Conf. Control Autom. ICCA*, no. 61240052, pp. 1393–1398, 2014.
- [10] C.-H. Chuan, E. Regina, and C. Guardino, "American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor," *2014 13th Int. Conf. Mach. Learn. Appl.*, pp. 541–544, 2014.
- [11] Supria, D. Herumurti, and K. Wijayanti Nurul, "Pengenalan sistem isyarat bahasa indonesia menggunakan kombinasi fitur statis dan fitur dinamis LMC berbasis L-GCNN," *JUTI - J. Teknol. Infomasi*, vol. 14, no. 2, pp.

- 217–230, 2016.
- [12] G. Marin, F. Dominio, and P. Zanuttigh, “Hand gesture recognition with leap motion and kinect devices,” *2014 IEEE Int. Conf. Image Process. ICIP 2014*, pp. 1565–1569, 2014.
- [13] I. Leap Motion, “LEAP motion,” 2015. .
- [14] B. M. Ozyildirim and M. Avci, “One pass learning for generalized classifier neural network,” *Neural Networks*, vol. 73, pp. 70–76, 2016.
- [15] W. N. Khotimah, R. A. Saputra, N. Suciati, and R. R. Hariadi, “Comparison between Back Propagation Neural Network and Genetic Algorithm Back Propagation Neural Network for Sign Language Recognition,” vol. 00, pp. 0–5, 2015.