



SINYAL sEMG UNTUK KLASIFIKASI PENILAIAN FUNGSI MOTORIK EKSTREMITAS ATAS PADA PASIEN STROKE MENGGUNAKAN MODEL RANDOM FOREST

Iqbal Aidina Arridho (23823009) | Pembimbing : Prof. Dr. Suprijanto, S.T., M.T. & Dr. Ayu Gareta Risangtuni, S.T., M.T.

Pendahuluan

Stroke masih menjadi penyebab utama disabilitas jangka panjang. Sekitar 8,3% penduduk Indonesia yang berumur di atas 15 tahun mengalami stroke. Stroke memiliki waktu keemasan penyembuhan yaitu 6 bulan. Terapi motorik dan motivasi diri dan juga lingkungan menjadi faktor dalam mempercepat pemulihan stroke.

Manual muscle testing (MMT) menjadi standar klinis dalam melakukan penilaian kekuatan otot. Prosedur ini dilakukan dengan memberikan instruksi kepada pasien dan penilai akan memberikan nilai sesuai keadaan kekuatan kontraksinya dengan rentang nilai 0 (tidak terdeteksi kontraksi) – 5 (kontraksi normal). Dengan penilaian tersebut sulit untuk mendeteksi adanya pemulihan motorik terutama pasien tanpa terdeteksi kontraksi. Dalam konteks pemulihan, dibutuhkan metode kuantifikasi kondisi otot untuk penilaian yang lebih akurat

Metode sEMG memberikan kuantifikasi dari aktivitas kontraksi pada otot. Metode sEMG telah banyak digunakan dalam klasifikasi gerakan tetapi belum ada yang menghubungkan sEMG dengan kekuatan otot. Dengan demikian, penelitian ini berupaya untuk memetakan fitur pada sinyal sEMG dengan kondisi motorik ekstremitas atas pada pasien stroke yang diwakili oleh penilaian MMT.

Tujuan Penelitian

- Menganalisis penggunaan sEMG untuk evaluasi level fungsi motorik pada pasien pasca stroke.
- Mengevaluasi sensitivitas metode sEMG dalam mendeteksi perubahan detail pada fungsi motorik selama masa rehabilitasi.
- Menentukan fitur sEMG yang dapat menjadi acuan untuk klasifikasi level fungsi motorik otot pasien pasca stroke.

Ruang Lingkup

Penelitian ini merupakan penelitian gabungan dengan Prodi Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi Rumah Sakit Hasan Sadikin sebagai bentuk dari program magister multidisiplin teknologi kesehatan. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Universitas Padjajaran (No. 118/UN6.KEP/EC/2024).

Fokus dari penelitian ini untuk mengkuantifikasi parameter dari kontraksi otot dan dibandingkan dengan penilaian MMT. Efek-efek yang muncul pada proses pemulihan seperti efek spastis dan ko-kontraksi tidak dibahas.

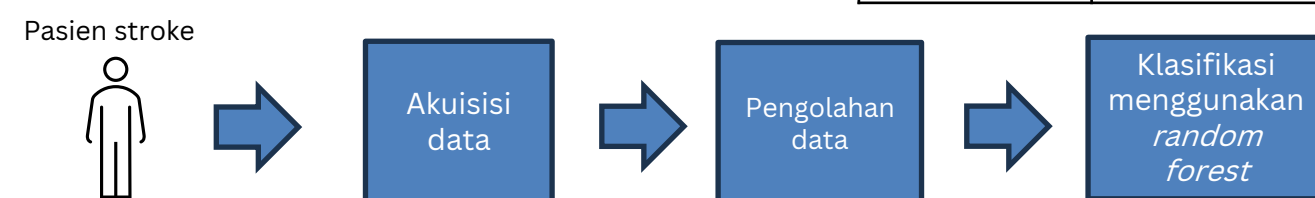
Metodologi

Desain Penelitian dan Partisipasi

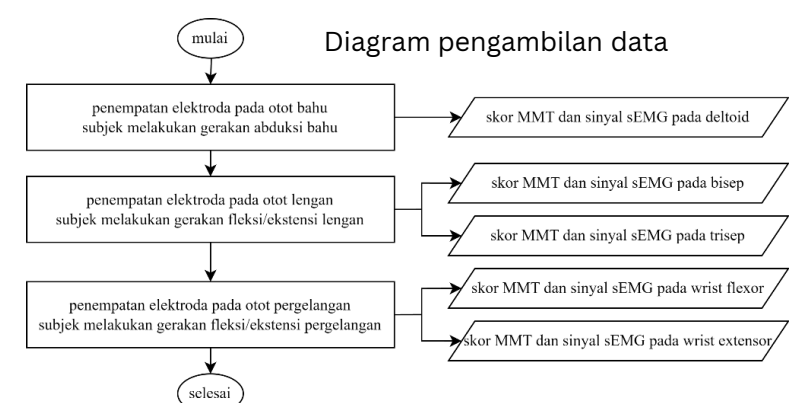
Penelitian ini merupakan studi observasional selama 3 bulan pada 5 waktu pengukuran yaitu hari ke 3, hari keputungan, bulan 1, bulan 2, dan bulan 3 pasca stroke. Metode pengambilan sampel menggunakan konsekutif sampling dengan perekrutan dilakukan oleh tenaga medis. Pasien yang sesuai kriteria penelitian akan ditawarkan untuk mengikuti dan diberikan *inform consent*. Terdapat 5 otot uji yaitu bahu, bisep, trisep, fleksor-ekstensor pergelangan.

Demografi Subjek

Variabel	Nilai (n=14)
Umur	58.58±8.273 tahun
Jenis Kelamin	7 Perempuan, 7 Laki-laki
Lokasi Stroke	7 Kanan, 7 Kiri
Tangan dominan	14 Kanan, 0 kiri
Tingkat keparahan stroke	7 stroke ringan 7 stroke sedang

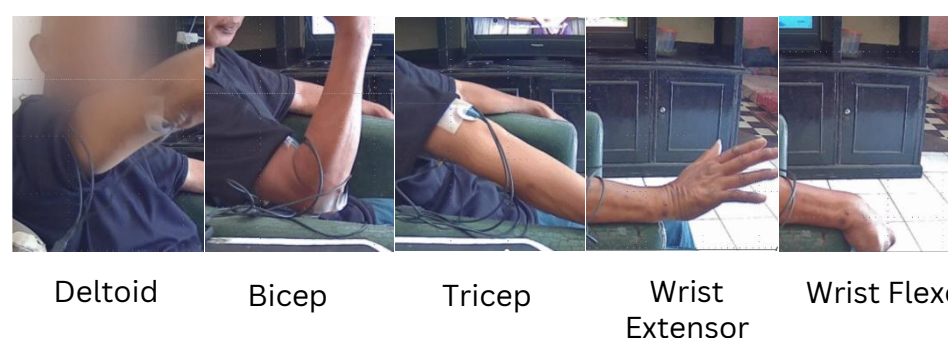


Prosedur pengambilan data



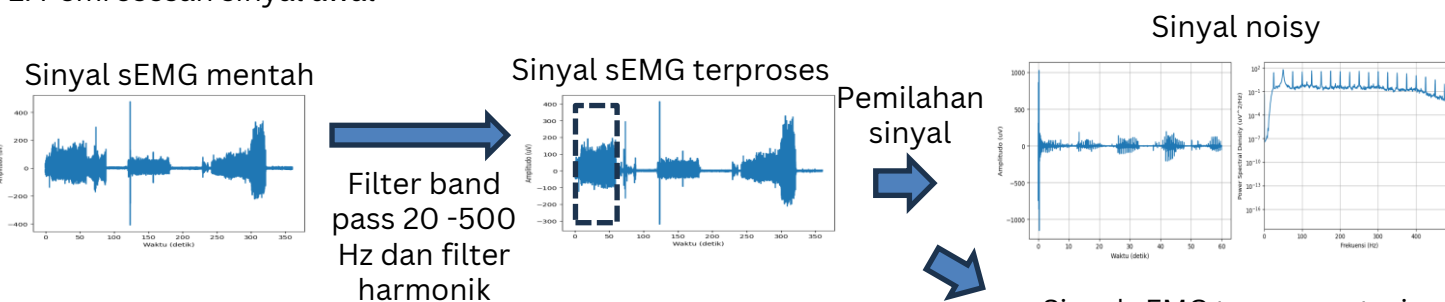
Penempatan elektroda mengikuti rekomendasi SENIAM dengan elektroda referensi dipasang pada tulang. Kulit dibersihkan terlebih dahulu menggunakan alkohol untuk mengurangi impedansi kulit

Gerakan Uji



Prosedur pemrosesan data

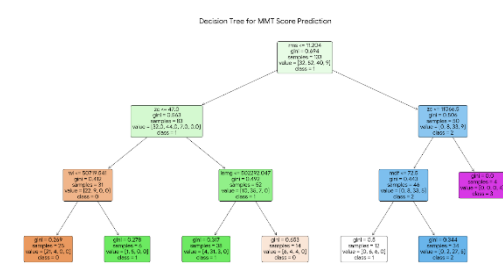
1. Pemrosesan sinyal awal



Pengolahan sinyal awal terdiri dari pengaplikasian *filter bandpass* dan harmonik untuk mengurangi komponen *noise* pada sinyal. Kemudian dilakukan pemilahan sinyal untuk memisahkan sinyal yang tidak dapat dilakukan pemrosesan data lebih lanjut.

3. Klasifikasi menggunakan model Random Forest

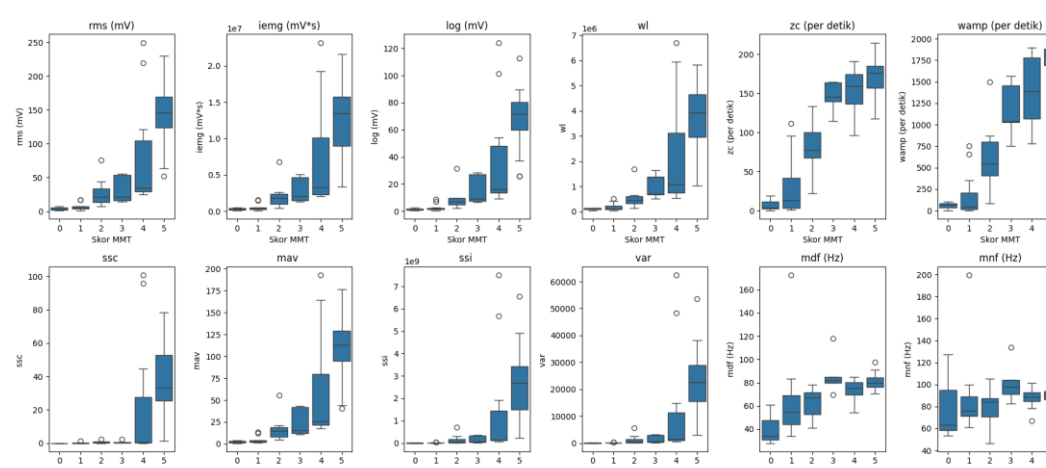
Ekstraksi Fitur dilakukan dengan memasukkan keseluruhan sinyal pada segmen kontraksi ke formula. Terdapat 9 fitur domain waktu dan 7 domain frekuensi dan 1 stabilitas.



Jumlah model *decision tree* pada model sebanyak 96 dan rasio data latih dan data uji yaitu 70:30. *Random forest* dipilih karena lebih tahan terhadap *outlier* dan memiliki algoritma signifikansi fitur di dalam model

Hasil dan Analisa

Distribusi Fitur setiap MMT



Tren Pemulihan

Tren peningkatan amplitudo sEMG (RMS) relatif terhadap sesi pertama (*baseline*) dikelompokkan berdasarkan skor MMT awal

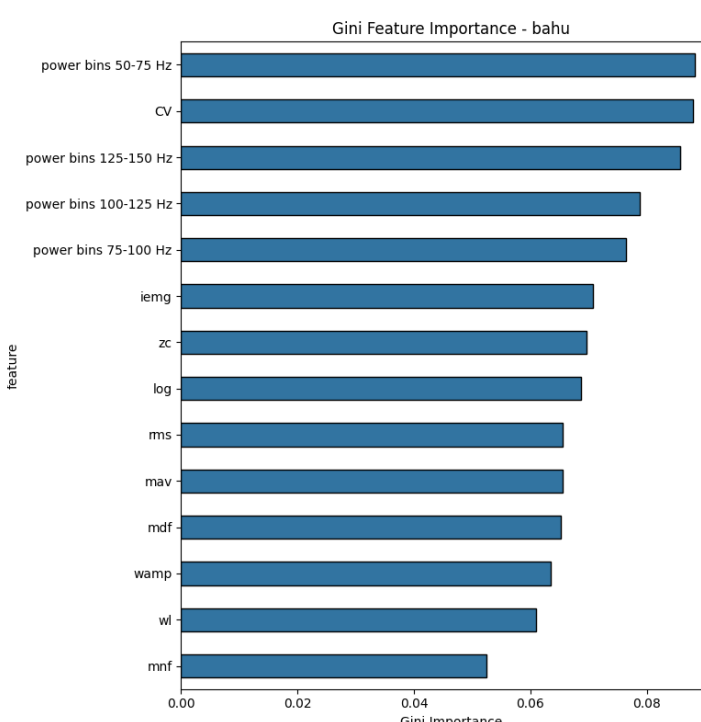
Otot	Grup	Sesi 2	Sesi 3	Sesi 4	Sesi 5
Bahu	MMT < 3	1,92	6,42	2,21	5,02
	MMT ≥ 3	2,45	4,16	3,68	3,91
Bisep	MMT < 3	1,24	2,45	3,17	3,15
	MMT ≥ 3	1,17	1,31	1,28	1,31
Trisep	MMT < 3	1,77	1,32	0,95	1,37
	MMT ≥ 3	1,23	1,20	1,52	1,40
Fleksor pergelangan	MMT < 3	0,62	4,20	2,54	3,82
	MMT ≥ 3	0,74	0,89	1,16	1,03
Ekstensor pergelangan	MMT < 3	2,64	4,12	6,30	5,76
	MMT ≥ 3	1,14	1,41	1,46	2

Klasifikasi MMT

f1-score (dan Sampel Tes) per Kelompok Otot

	0	1	2	3	4	5
bahu	1.00 (3)	0.84 (9)	0.78 (9)	0.67 (5)	0.67 (10)	0.96 (22)
bisep	0.29 (6)	0.55 (4)	0.62 (7)	0.46 (8)	0.40 (7)	0.81 (26)
trisep	0.93 (7)	0.50 (3)	0.91 (5)	0.00 (4)	0.33 (7)	0.85 (23)
fleksor pergelangan	0.93 (13)	0.46 (6)	0.00 (3)	0.80 (2)	0.00 (6)	0.76 (20)
ekstensor pergelangan	0.40 (3)	0.80 (7)	0.53 (6)	0.00 (3)	0.31 (6)	0.72 (24)

Hasil klasifikasi paling baik didapatkan pada otot bahu. Pada otot lainnya model tidak mampu mengklasifikasikan MMT dengan benar. Ketidakseimbangan data dan pola yang mirip pada nilai MMT yang bedekatan membuat model sulit untuk mengklasifikasikan sinyal.



Analisis signifikansi fitur dilakukan pada otot bahu karena memiliki f1-score > 60%. Berdasarkan signifikansi fitur, fitur kekuatan frekuensi menjadi peranan penting untuk klasifikasi nilai MMT. Hasil ini dapat menjadi acuan pada penelitian berikutnya untuk menerjemahkan nilai fitur ini ke dalam nilai MMT sehingga mudah dipahami oleh tenaga medis yang memakainya.

Kesimpulan

- Evaluasi level fungsi motorik menggunakan sEMG telah dilakukan. Hasil dari distribusi secara visual menunjukkan adanya korelasi positif antara fitur dengan nilai MMT. Hal ini menunjukkan metode sEMG dapat digunakan sebagai metode tambahan dalam penilaian fungsi motorik meskipun belum bisa dibuktikan secara statistik akibat sedikitnya data yang terkumpul.
- Hasil evolusi fitur RMS setiap sesi pengukuran menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan hingga 5 kali lebih besar relatif terhadap pengukuran pada sesi pertama. Grup dengan MMT < 3 melaporkan rerata peningkatan sebesar 3,82 kali dan grup MMT ≥ 3 mengalami rerata peningkatan sebesar 1,92 kali relatif terhadap sesi pengukuran pertama. Hal ini menunjukkan metode sEMG lebih sensitif untuk penilaian pemulihan motorik dibandingkan penilaian MMT.
- Fitur yang dapat dijadikan klasifikasi nilai MMT adalah frequency power bin 50-75 Hz, 75-100 Hz, 100-125 Hz, 125-150 Hz, CV akan tetapi dibutuhkan penelitian lanjutan untuk mentranslasikan nilai ini ke nilai MMT.

2. Ekstraksi Fitur

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$
$$IEMG = \sum_{i=1}^N |x_i|$$
$$WL = \sum_{i=1}^N |x_{i+1} - x_i|$$
$$LOG = e^{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log(|x_i|)}$$
$$ZC = \sum_{i=1}^{N-1} [sgn(x_i \times x_{i+1}) \cap |x_i - x_{i+1}| \geq threshold]; M$$
$$WAMP = \sum_{i=1}^{N-1} [sgn(|x_n - x_{n+1}|)]$$
$$SSC = \sum_{i=2}^{N-1} [f[(x_i - x_{i-1}) \times (x_i - x_{i+1})]]$$
$$SSI = \sum_{i=1}^{N-1} x_i^2$$
$$MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i|$$
$$sgn(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq threshold \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$
$$TTP = \sum_{j=1}^M P_j = SMO$$
$$MNF = \sum_{j=1}^M f_j P_j / \sum_{j=1}^M P_j$$
$$MDF = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^M P_j$$
$$P_{band} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (x_{filter}[j])^2$$