

Analisis Aktivitas Otot dan Keseimbangan Postural Melalui Persepsi Gerakan Visual

Gloria Belinda Randa
Teknik Biomedis, Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
imglows@student.telkomuniversity.ac.id

Tito Waluyo Purboyo
Teknik Biomedis, Fakultas Teknik
Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
titowaluyo@telkomuniversity.ac.id

Liana Nafisa Saftari
Teknik Biomedis, Fakultas Teknik
Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
liananaftisaftari@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Keseimbangan postural merupakan hasil koordinasi kompleks dari sistem visual, vestibular, dan somatosensorik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi stimulus visual terhadap aktivitas otot gastrocnemius dan kestabilan tubuh. Enam partisipan sehat berusia 18–25 tahun diberikan empat kondisi visual melalui kacamata realitas virtual (VR Glasses): bergerak putih, bergerak merah, tidak bergerak putih, dan tidak bergerak merah. Aktivitas otot direkam menggunakan *Surface Electromyography* (sEMG), sedangkan kestabilan tubuh direkam melalui sensor gyroscope MPU-6050. Data dianalisis menggunakan *Two-Way Repeated Measures Analysis of Variance* (ANOVA) dan uji korelasi Pearson. Hasil menunjukkan bahwa gerakan visual secara signifikan meningkatkan *postural sway*, terutama dalam arah antero-posterior, dan berdampak lebih besar dibandingkan variasi warna. Penelitian ini menunjukkan bahwa rangsangan visual dinamis dapat dimanfaatkan dalam program pelatihan keseimbangan.

Kata kunci — Keseimbangan postural, aktivitas otot, persepsi gerakan visual, optic flow, EMG.

I. PENDAHULUAN

Keseimbangan postural sangat bergantung pada integrasi sensorik dari sistem visual, vestibular, dan somatosensorik. Ketidaksesuaian input sensorik, seperti konflik antara persepsi visual dan posisi tubuh, dapat mengganggu keseimbangan. Gerakan visual (*optic flow*) terbukti dapat memicu perubahan postural bahkan tanpa pergerakan tubuh. Penelitian ini mengevaluasi bagaimana gerakan visual dan properti visual seperti warna (kontras) memengaruhi aktivitas otot dan postural sway pada dua kondisi pijakan: stabil dan tidak stabil.

II. KAJIAN TEORI

Untuk mendukung pemahaman terhadap pengaruh rangsangan visual dan kondisi pijakan terhadap keseimbangan postural, diperlukan kajian teori mengenai sistem sensorik, otot, serta metode pengukuran yang relevan. Oleh karena itu, Bab II membahas landasan konseptual yang menjadi dasar penelitian ini.

A. Keseimbangan Postural dan Sistem Sensorik

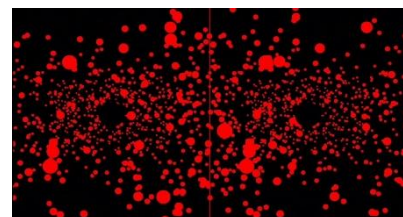
Keseimbangan postural adalah kemampuan tubuh untuk mempertahankan stabilitas dalam kondisi statis maupun dinamis. Kemampuan ini melibatkan integrasi dari tiga sistem utama, yaitu sistem visual, vestibular, dan proprioseptif [1]. Sistem vestibular di telinga dalam mendeteksi perubahan posisi kepala. Sistem visual menyediakan referensi lingkungan, sedangkan sistem proprioseptif memberikan informasi tentang posisi dan pergerakan anggota tubuh melalui reseptor di otot, tendon, dan sendi [2].

B. Gerakan Visual (*Optic Flow*) dan Kontrol Postur

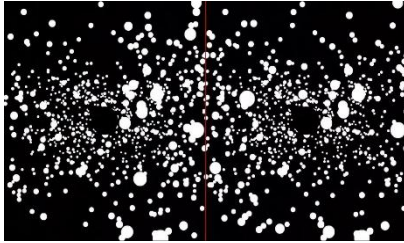
Optic flow atau aliran optik merupakan pola gerakan visual yang diterima mata ketika tubuh atau lingkungan bergerak. Rangsangan ini berperan penting dalam orientasi spasial dan penyesuaian postural. Ketika rangsangan *optic flow* cukup kuat, sistem saraf pusat cenderung memprioritaskan input visual, sehingga dapat memicu respons postural meskipun tubuh sebenarnya tidak bergerak [3][4].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan rancangan *repeated measures*. Enam partisipan sehat berusia 18–25 tahun mengikuti empat kondisi visual melalui *VR Glasses*. Aktivitas otot direkam melalui sEMG (kanal A1–A2) dan postural sway diukur menggunakan sensor gyroscope MPU-6050 yang diletakkan di pinggang. Setiap kondisi stimulus (bergerak-merah, bergerak-putih, tidak bergerak-merah, tidak bergerak-putih) diberikan selama 30 detik.



(a)



(b)

GAMBAR 1 Stimulus Visual yang digunakan dalam proses pengambilan data (a) stimulus dengan elemen visual berwarna merah, dan (b) stimulus dengan elemen visual berwarna putih.

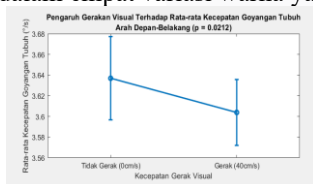
Data dikumpulkan menggunakan perangkat BITalino dan OpenSignals (sampling rate 1000 Hz), kemudian dianalisis di MATLAB. Fitur MAV, RMS, dan STD diekstraksi dari sinyal EMG dan gyroscope. Analisis statistik dilakukan menggunakan *Two-Way Repeated Measures ANOVA* dan korelasi Pearson, dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

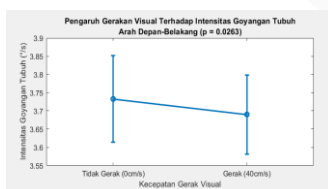
Sebanyak enam partisipan menyelesaikan seluruh sesi percobaan dengan empat kondisi visual. Data sEMG dari otot gastrocnemius kiri dan kanan serta sinyal gyroscope pada tiga sumbu dianalisis untuk setiap kondisi.

A. Grafik nilai rata-rata EMG otot A1 dan A2 berdasarkan kondisi visual bergerak dan diam.

Untuk mengamati pengaruh kondisi visual terhadap aktivasi otot gastrocnemius, dilakukan perhitungan nilai Mean Absolute Value (MAV) dari sinyal *surface electromyography* (sEMG) pada kanal A1 (kiri) dan A2 (kanan). Nilai MAV mewakili intensitas aktivasi otot selama respon terhadap stimulus visual. Gambar 1 menyajikan perbandingan nilai MAV antara kondisi visual bergerak dan tidak bergerak dalam empat variasi warna yang digunakan.



(a)



(b)



(c)

Visualisasi perubahan rata-rata kecepatan sudut goyangan tubuh (*postural sway*) pada arah depan-belakang berdasarkan kondisi visual (bergerak dan tidak bergerak) pada kondisi pijakan stabil (a) rata-rata kecepatan goyangan tubuh (MAV), (b) intensitas goyangan tubuh (RMS), dan (c) variasi goyangan tubuh (STD).

B. Tabel

Tabel 1 Nilai p untuk Pengaruh Gerakan Visual terhadap Aktivitas Otot Gastrocnemius Pada Kondisi Pijakan Stabil (A)

Fitur Ekstraksi	Otot Gastrocnemius Kaki Kiri	Otot Gastrocnemius Kaki Kanan
MAV	0,5784	0,1878
RMS	0,9310	0,2175
STD	0,9310	0,2175

Tabel 2 Nilai p untuk Pengaruh Gerakan Visual terhadap Aktivitas Otot Gastrocnemius Pada Kondisi Pijakan Stabil

Fitur Ekstraksi/ sumbu <i>gyroscope</i>	Antero-Posterior (depan-belakang)	Medio-Lateral (kanan-kiri)	Rotasional (gerakan rotasi)
MAV	0,0212	0,3048	0,2146
RMS	0,0263	0,1428	0,0720
STD	0,0435	0,0754	0,4857

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa gerakan visual (*optic flow*) memiliki pengaruh signifikan terhadap kestabilan postural dan aktivitas otot gastrocnemius, terutama pada kondisi pijakan tidak stabil. Stimulus visual yang bergerak menyebabkan peningkatan nilai MAV, RMS, dan STD baik pada sinyal EMG maupun data gyroscope, khususnya pada sumbu antero-posterior, yang mencerminkan meningkatnya intensitas dan variasi gerakan tubuh saat menjaga keseimbangan. Meskipun variasi warna pada stimulus visual juga diuji, pengaruhnya terhadap kestabilan postur terbukti lebih rendah dibandingkan pengaruh dari aspek gerakan. Aktivitas otot gastrocnemius kiri (A1) menunjukkan respons yang lebih besar terhadap perubahan visual dibandingkan sisi kanan (A2), yang mengindikasikan kemungkinan peran lateralitas tubuh dalam strategi kompensasi postural. Selain itu, korelasi positif antara sinyal EMG dan rotasi tubuh memperkuat temuan bahwa rangsangan visual dinamis tidak hanya memengaruhi persepsi, tetapi juga memicu respons neuromuskular yang terukur. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa gangguan visual yang bersifat dinamis dapat digunakan secara strategis dalam desain terapi rehabilitasi atau pelatihan keseimbangan, dengan mempertimbangkan kondisi sensorik dan mekanik tubuh secara menyeluruh.

REFERENSI

- Horak, F.B. (2006). *Postural orientation and equilibrium*. Age and Ageing.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M.H. (2007). *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*.
- Lee, D. N., & Lishman, J. R. (1975). Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*.
- Stoffregen, T. A., & Smart, L. J. (1998). Postural instability precedes motion sickness. *Brain Research Bulletin*.
- Dev, R. et al. (2021). Visual contrast and postural stability in aging. *Gait & Posture*.
- Abbasi, A. et al. (2020). Surface compliance and postural control. *Journal of Biomechanics*.
- Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol*.
- De Luca, C. J. (2002). Surface electromyography: detection and recording. *DelSys Inc*.
- Phinyomark, A. et al. (2012). Feature extraction of EMG signal for pattern recognition. *Journal of Medical Engineering*.
- Salarian, A. et al. (2004). Quantification of postural sway using wearable sensors. *IEEE Trans Biomed Eng*.
- Picerno, P. (2017). 25 years of lower limb joint kinematics by IMUs. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*.