SEMINAR NASIONAL
HASIL PENELITIAN DAN PENGABDIAN 2026
UNIVERITAS LAMPUNG

TINJAUAN DAN ANALISIS BERBASIS SIMULASI MODEL KANAL PADA WIRELESS BODY AREA NETWORK (WBAN) DALAM MENDUKUNG PEMANTAUAN KESEHATAN PASIEN SECARA REAL-TIME

Fadil Hamdani *, Noer Soedjarwanto, Misfa Susanto, Rio Ariestia Pradipta, dan Deny Budiyanto
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
* fadil.hamdani@eng.unila.ac.id

PENDAHULUAN

Latar Belakang: WBAN mendukung pemantauan kesehatan *real time*, khususnya pada penderita penyakit kronis. Kompleksitas karakteristik kanal WBAN dipengaruhi oleh absorpsi jaringan tubuh, refleksi, difraksi, dan pergerakan tubuh, yang dapat menurunkan keandalan transmisi data secara signifikan.
Masalah: Bagaimana perbedaan karakteristik kanal pada WBAN dan dan pengaruh model kanal terhadap kinerja sistem pada parameter Energi rasio Bit per Noise (E_b/N_0) dan BER.
Tujuan: melakukan kajian model kanal, mengembangkan simulasi model kanal WBAN, dan mengevaluasi parameter SNR dan BER sebagai indikator keandalan komunikasi nirkabel WBAN.

METODOLOGI

Pendekatan simulasi Monte Carlo berbasis simulasi PHY (Physical Layer) pada kanal WBAN standar IEEE 802.15.6. Metode penelitian meliputi:

Penetapan Skenario Kanal WBAN (IEEE 802.15.6): CM1 (Implant to Implant) dan CM2 (Implant to Body Surface), jarak transmisi konstan $d = 100$ mm

↓

Pembangkitan Sinyal (aliran bit biner acak sebanyak $N_{bits} = 10^6$ bit) dan Modulasi Digital *Binary Phase Shift Keying (BPSK)*

↓

Pemodelan Kanal Gabungan dengan dua fenomena pemudar (*fading*): Redaman Skala Besar (*Path Loss & Shadowing*)

$$PL(d) = PL(d_0) + 10\,n \log_{10}\left[\frac{d}{d_0}\right] + S$$

dimana jarak acuan $d_0 = 50$ mm; Pemudar Skala Kecil (Rayleigh Fading); dan AWGN

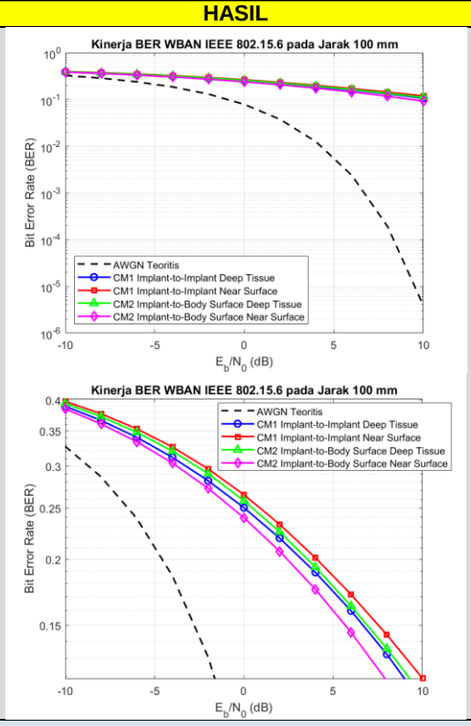
↓

Deteksi dan Ekualisasi Sinyal di Penerima Menggunakan teknik Coherent Zero-Forcing (ZF) Equalization: membagi sinyal terima r dengan koefisien kanal total $g = a \cdot h$, diperoleh $\hat{s} = r/g$. Estimasi bit dengan detektor ambang batas $\hat{s} > 0$

↓

Evaluasi Kinerja BER dan visualisasi kinerja BER vs E_b/N_0 dalam skala semilogaritmik

HASIL



PEMBAHASAN

- Pada kurva AWGN teoritis, BER turun secara eksponensial (kurva *waterfall*) hingga mencapai 10^{-5} pada $E_b/N_0 = 10$ dB. Kurva skenario WBAN menurun dengan kemiringan (*slope*) linier lebih landai pada skala semilogaritmik.
- Penurunan BER linier dipengaruhi oleh multipath fading tanpa teknik keragaman (*no diversity*). Pada kanal Rayleigh, peluang terjadinya deep fade (kondisi di mana magnitudo kanal $|h| \approx 0$) menyebabkan penguat noise pada equalizer Zero-Forcing bekerja secara ekstrem, sehingga dominasi bit error tetap ada meskipun rerata E_b/N_0 dinaikkan
- Kinerja WBAN pada rentang -10 dB $\leq E_b/N_0 \leq 10$ dB) dari yang Terbaik (BER Terendah) hingga Terburuk (BER Tertinggi) secara berturut-turur adalah CM2 Near Surface, CM1 Deep Tissue, CM2 Deep Tissue, dan CM1 Near Surface
- Skenario dengan standar deviasi shadowing (σ_s) yang lebih kecil dan distribusi fading yang lebih stabil menghasilkan variasi daya terima yang lebih sempit di sekitar nilai rata-ratanya. Hal ini membuat kejadian deep fade lebih jarang terjadi, sehingga CM2 Near Surface mencatatkan BER paling optimal di antara keempat skenario

KESIMPULAN

1. Pada penelitian ini penerapan penyesuaian variansi derau berdasarkan daya terima rata-rata ($P_{rx,avg}$) berhasil memodelkan karakteristik pemudar Rayleigh (*Rayleigh Flat Fading*). Peningkatan E_b/N_0 dari -10 db hingga 10 dB menghasilkan penurunan BER linier bertahap pada skala logaritmik, sesuai dengan teori transmisi nirkabel tanpa keragaman (*no diversity*).
2. Pada jarak transmisi 100 mm dan $E_b/N_0 = 10$ dB, diperoleh kinerja CM2 Near Surface: $BER \approx 0.111$ (11.1 % error), CM1 Deep Tissue: $BER \approx 0.122$ (12.2 % error), CM2 Deep Tissue: $BER \approx 0.126$ (12.6 % error), CM1 Near Surface: $BER \approx 0.138$ (13.8 % error),
3. Setelah efek redaman *path loss* absolut dinormalisasi, faktor pembeda utama kinerja antar-skenario adalah besarnya fluktuasi deviasi standar (σ_s). Skenario dengan σ_s lebih kecil (seperti CM2 Near Surface) memiliki variasi daya terima yang lebih stabil, sehingga lebih jarang mengalami kondisi *deep fade*.
4. Tingkat bit error sebesar 11 % - 14 % pada $E_b/N_0 = 10$ dB menunjukkan bahwa transmisi WBAN berbasis BPSK dan equalizer Zero-Forcing (ZF) belum memenuhi ambang batas keandalan medis ($BER \leq 10^{-3}$ atau $BER \leq 10^{-5}$ akibat tingginya amplifikasi derau.
5. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menerapkan teknik mitigasi tingkat lanjut seperti pengkodean kanal (*Forward Error Correction/BCH Code*), keragaman antena (*Spatial Diversity/MRC*), atau equalizer berbasis LMMSE, untuk mengompensasi rugi-jalur tubuh dan efek pemudar Rayleigh pada sistem WBAN

REFERENSI UTAMA

Abidi, B., Jilbab, A., & Mohamed, E. H. (2020). Wireless body area networks: A comprehensive survey. *Journal of Medical Engineering & Technology*, *44*(3), 97–107. https://doi.org/10.1080/03091902.2020.1729882

Alghamdi, F. A., & Bajaber, F. (2026). Adaptive, Multi-Objective Dingo Optimization for Real-Time Dimensionality Reduction and Critical Feature Selection in WBAN-Based Health Monitoring Systems. *IEEE Access*, *14*, 29199–29225. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2026.3661412

Ashraf, I., & Mir, A. H. (2024). Outage Probability Analysis For Dual-Hop Asymmetric Fading WBAN. *Physical Communication*, *67*, 102526. https://doi.org/10.1016/j.phycom.2024.102526

Astrin, A. W., Li, H.-B., & Kohno, R. (2009). Standardization for Body Area Networks. *IEICE Transactions on Communications*, *E92-B*(2), 366–372. https://doi.org/10.1587/transcom.E92.B.366Ullah, S., Higgins, H., Braem, B., Latre, B., Blondia, C., Moerman, I., Saleem, S., Rahman, Z., & Kwak, K. S. (2012). A Comprehensive Survey of Wireless Body Area Networks: On PHY, MAC, and Network Layers Solutions. *Journal of Medical Systems*, *36*(3), 1065–1094. https://doi.org/10.1007/s10916-010-9571-3

Yazdandoost, K. Y., & Sayrafian-Pour, K. (2010). *Project IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs), Channel Model for Body Area Network (BAN)* (IEEE P802.15-08-0780-12-0006). IEEE 802.15.

Referensi lain terkait model kanal WBAN …

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lampung atas dukungan melalui pendanaan penelitian Dasar DIPA BLU Universitas Lampung. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Fakultas Teknik Universitas Lampung, seluruh tim peneliti atas dukungan, kerja sama, dan kontribusinya.