

Empat Pilar Biofisika dalam Keperawatan untuk Peningkatan Mutu Asuhan

Zurni Faulina¹, Alysia Ivanda Candra Ramadhani², Widia Nur Fatimah³, Tasbita Anit Sulastri⁴, Aula Nafit⁵, Zahra Adinda Prabawati Sulendro⁶, Liss Dyah Dewi Arini⁷
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Duta Bangsa Surakarta¹⁻⁷

*Email zurnifaulina3@gmail.ac.id

Sejarah Artikel:

Diterima 17-10-2025
Disetujui 21-10-2025
Diterbitkan 23-10-2025

ABSTRACT

The advancement of medical technology and patient safety demands the incorporation of biophysical principles into everyday nursing practice. This literature review synthesizes the roles of four biophysical pillars biomechanics, bioelectricity, thermophysics, and biofluid dynamics in nursing actions relevant to care quality. Biomechanics is applied in nurse ergonomics and patient mobilization, bioelectricity in vital sign monitoring (e.g. ECG, defibrillation) and electrotherapy safety, thermophysics in thermal regulation via conduction, convection, radiation, and evaporation, biofluid dynamics in IV fluid management, hemodynamic interpretation, and respiratory gas flow. From recent studies, mastery of these biophysical principles significantly enhances clinical accuracy, reduces musculoskeletal injuries among nurses, and accelerates patient recovery. It is recommended that nursing education institutions integrate practical biophysics modules via simulation and clinical laboratory practice.

Keywords: Biophysics, Nursing, Care Quality

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan tuntutan keselamatan pasien menuntut integrasi prinsip-prinsip biofisika dalam praktik keperawatan. Tinjauan literatur ini menyintesis peran empat pilar biofisika, biomekanika, biolistrik, termofisika, dan biofluida dalam tindakan keperawatan sehari-hari yang relevan dengan kualitas asuhan. Biomekanika diterapkan dalam ergonomi perawat dan mobilisasi pasien, biolistrik dalam pemantauan alat vital (misalnya EKG, defibrilasi) dan keamanan elektroterapi, termofisika dalam pengaturan suhu melalui konduksi, konveksi, radiasi dan evaporasi, biofluida dalam pengaturan infus, interpretasi hemodinamik, dan aliran gas pernapasan. Dari literatur terkini dikemukakan bahwa penguasaan biofisika secara signifikan mendukung akurasi tindakan klinis, mengurangi cedera muskuloskeletal perawat, dan mempercepat pemulihan pasien. Direkomendasikan agar institusi pendidikan keperawatan mengintegrasikan modul praktis biofisika melalui simulasi dan praktik laboratorium klinis.

Katakunci: Biofisika, Keperawatan, Mutu Asuhan

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Zurni Faulina, Alysia Ivanda Candra Ramadhani, Widia Nur Fatimah, Tasbita Anit Sulastri, Aula Nafit, Zahra Adinda Prabawati Sulendro, & Liss Dyah Dewi Arini. (2025). Empat Pilar Biofisika dalam Keperawatan untuk Peningkatan Mutu Asuhan. Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 1(6), 4130-4141. <https://doi.org/10.63822/c0mnc285>

PENDAHULUAN

Biofisika sebagai bidang ilmiah lahir dari usaha menggabungkan prinsip-prinsip fisika dengan biologi untuk memahami struktur dan fungsi makhluk hidup mulai dari sel, jaringan, organ hingga organisme lengkap. Awalnya, penerapannya lebih banyak dalam penelitian ilmiah dan medis (misalnya fisiologi peredaran darah, elektrofisiologi saraf). Namun dalam beberapa dekade terakhir, biofisika mulai muncul dalam pendidikan dan praktik keperawatan, terutama seiring dengan perkembangan teknologi medis, perangkat monitoring dan intervensi berbasis fisika/elektrik.

Beberapa tonggak penting:

- a. Buku-teks klasik seperti Suresh K. Sharma, *Biophysics in Nursing* merangkum prinsip fisika dasar (gerak, gaya, fluida, listrik, panas) dan aplikasinya dalam praktik keperawatan.
- b. Model “life sciences in nursing” telah diajukan beberapa tahun lalu, yang mencoba mendefinisikan koridor ilmiah yang diperlukan agar keilmuan dasar (anatomi, fisiologi, mikrobiologi, biokimia) lebih terhubung dengan tindakan keperawatan.
- c. Baru-baru ini, ada usaha integrasi bioscience (termasuk anatomi dan fisiologi) ke dalam kurikulum keperawatan secara horizontal atau vertikal, agar mahasiswa tidak hanya menghafal tetapi memahami relevansinya dalam praktik klinis.

Meskipun demikian, dalam literatur terkini, sebagian besar fokus biofisika dalam keperawatan masih berupa bagian dari bioscience secara umum (anatomy, physiology, pathophysiology) atau bagian dari kursus penggunaan alat medis, daripada sebuah modul khusus biofisika dengan empat pilar seperti yang Anda rencanakan.

A. Kebutuhan Kompetensi Teknik pada Perawat Modern

Perawat abad ke-21 menghadapi lingkungan klinis yang sangat kompleks dengan teknologi yang cepat berubah. Berikut beberapa aspek kebutuhan kompetensi teknik:

- 1) Kemampuan menggunakan alat dan perangkat medis canggih
Perangkat monitor hemodinamik, ventilator, pompa infus, defibrillator, stimulasi saraf, hingga aplikasi telehealth memerlukan pemahaman teknis bukan hanya operasional, tetapi juga teoretis (misalnya bagaimana sinyal listrik, aliran fluida, resistansi, tekanan, dll.). Studi menunjukkan bahwa perawat baru (new registered nurses) sering merasa kurang siap dalam penggunaan teknikal alat, dan memerlukan pelatihan lanjutan.
- 2) Kompetensi digital dan informatik kesehatan
Digital capability semakin dianggap sebagai keahlian esensial untuk perawat. Tidak hanya dalam penggunaan sistem rekam medis elektronik, tetapi juga dalam pemahaman teknologi baru, keamanan data, penggunaan AI, alat-simulasi, dan pembelajaran online.
- 3) Keterampilan bioscience yang kuat (anatomi, fisiologi, biofisika dasar)
Pengetahuan anatomi dan fisiologi dipersepsikan sangat penting oleh mahasiswa dan perawat untuk memahami patofisiologi, keamanan pasien, dan justifikasi tindakan keperawatan. Namun ada keluhan bahwa materi ini sering tidak ditautkan dengan praktik klinis sehingga kurang “mendalam” atau kurang relevan.
- 4) Kemampuan berpikir kritis dan translasi teori ke praktik
Bagaimana hukum fisika seperti hukum fluida, termodinamika, listrik tubuh diterjemahkan ke tindakan perawatan seperti infus, pengaturan suhu tubuh, penggunaan kompres, pengaturan ventilasi gas respirasi, dan pemindahan pasien secara ergonomis. Perawat perlu mengerti “kenapa”

bukan hanya “bagaimana”. Studi integrasi pembelajaran interdisiplin & metode aktif seperti flipped classroom atau scenario clinical menunjukkan efek positif.

B. Tantangan dalam Pengajaran Biofisika di Keperawatan

Meski kebutuhan besar, ada sejumlah tantangan yang muncul dalam pengajaran biofisika kepada mahasiswa keperawatan:

1) Keterbatasan sumber daya

- Infrastruktur laboratorium fisika/biofisika dan fasilitas percobaan (lab, model, simulator, alat pengukuran) sering kurang di banyak institusi.
- Tenaga pengajar yang punya latar belakang kuat dalam biofisika atau fisika medis sering terbatas.
- Waktu kurikulum keperawatan sangat penuh dengan banyak mata kuliah; menyisipkan biofisika tambahan bisa memicu beban belajar berlebih.

2) Kesulitan dalam menjelaskan relevansi praktis

Materi fisika kadang dianggap abstrak dan sulit dikaitkan langsung ke tugas keperawatan sehari-hari. Banyak mahasiswa merasa bahwa anatomi/fisiologi/bioscience diajarkan terpisah dari praktik klinis, tidak ada integrasi kuat.

3) Kesiapan mahasiswa

Variasi dalam latar belakang siswa (tingkat matematika/ fisika sebelumnya, kemampuan dasar) menyebabkan beberapa mahasiswa kesulitan memahami konsep fisika atau terminologi teknis. Materi seperti aliran fluida, gaya, listrik mungkin dianggap menantang.

4) Metode pengajaran yang kurang inovatif / belum optimal

Banyak institusi masih menggunakan kuliah tradisional, hafalan, sedikit praktik laboratorium. Alternatif seperti pembelajaran berbasis simulasi, pembelajaran berbasis scenario klinis, pembelajaran berbasis masalah (problem-based learning), simulasi berteknologi tinggi, kelas flipped, pembelajaran desain (design-based learning) mulai muncul tapi belum meluas.

5) Kurangnya evaluasi dan penelitian intervensional

Meski ada banyak studi survei dan review, kurang banyak studi uji coba intervensional yang merancang modul biofisika spesifik dan mengukur dampaknya (pengetahuan, praktik, keamanan pasien).

Perkembangan teknologi medis dan kompleksitas perawatan pasien modern menuntut agar perawat tidak hanya memiliki keterampilan empatik, tetapi juga pemahaman ilmiah-teknis dasar. Biofisika yaitu penerapan prinsip fisika pada sistem biologis—adalah jembatan antara ilmu dasar dan praktik klinis. Dengan penguasaan biofisika, perawat mampu memahami mengapa suatu alat bekerja demikian, menginterpretasikan data teknis dengan tepat, dan melakukan tindakan yang lebih aman dan efektif.

Pada studi terkait, sebagian besar perawat mengakui bahwa cedera muskuloskeletal adalah masalah besar dalam profesi mereka. Misalnya, prevalensi gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan di perawat dilaporkan antara 71,8 % hingga 84 %. Selain itu, penggunaan alat bantu, edukasi ergonomi, dan pelatihan pemindahan pasien terbukti sebagai intervensi preventif efektif. Dalam domain aliran dan fluida, konsep fisiologi cairan dan aliran darah sangat krusial dalam praktik infus dan penanganan hemodinamik pasien.

Relevansi Empat Pilar Biofisika dalam Keperawatan

Untuk menyusun kerangka pikir yang sistematis, artikel ini mengelompokkan aplikasi biofisika ke

dalam empat pilar:

1. **Biomekanika:** Menelaah gaya, momen, torsi, lever, pusat gravitasi, stabilitas, keseimbangan dan ergonomi tubuh manusia. Contoh aplikasi keperawatan: pemindahan pasien, posisi tubuh pasien, penggunaan alat bantu seperti kursi roda, penanganan beban fisik perawat dan pencegahan cedera muskuloskeletal.
2. **Biolistrik (Bioelektrik):** Meliputi potensial membran sel, konduksi listrik saraf dan otot, arus bioelectric, elektroda, simulasi listrik dan sinyal elektronik alat medis. Contoh aplikasi keperawatan: monitor EKG, defibrilasi, stimulasi saraf, penggunaan device seperti TENS, elektrodiagnostik, konsep grounding dan keselamatan listrik pasien/perawat.
3. **Termofisika:** Memahami perpindahan panas (konduksi, konveksi, radiasi), suhu tubuh, faktor lingkungan dan termoregulasi tubuh. Contoh aplikasi keperawatan: kompres panas/dingin, manajemen suhu tubuh pasien (hipertermia/hipotermia), penggunaan alat penghangat badan, pengeringan luka, dan pengaruh suhu lingkungan terhadap perawatan.
4. **Biofluida:** Menganalisa aliran darah, cairan intravena, aliran gas respirasi, dan dinamika cairan dalam tubuh. Contoh aplikasi keperawatan: infus, transfusi, aliran IV, diuresis, ventilasi mekanik dan pertukaran gas dan manajemen cairan dalam kondisi klinis.

Kerangka ini mengandaikan bahwa kompetensi biofisika yang baik bagi perawat mencakup pemahaman teori, kemampuan interpretasi data/mekanisme teknis, serta keterampilan menerapkannya dalam praktik klinis sehingga tindakan keperawatan menjadi lebih aman, efektif, dan berdasarkan bukti (evidence-based).

Ringkasan Relevansi dan Kesenjangan

1. Literatur baru (10 tahun terakhir) menunjukkan bahwa ada pengakuan pentingnya bioscience (termasuk anatomi & fisiologi) dalam pendidikan keperawatan dan praktiknya.
2. Perawat dan pendidik mengidentifikasi kebutuhan besar terhadap kompetensi digital dan penggunaan teknologi.
3. Namun, tantangan pengajaran dan integrasi praktis masih besar: materi dianggap abstrak, metode pengajaran terbatas, evaluasi dampak belum optimal.

Namun, hingga kini belum banyak artikel yang secara khusus mengelompokkan penerapan biofisika dalam keperawatan berdasarkan empat pilar utama secara sistematis, sehingga diperlukan kajian literatur yang meninjau peran tiap pilar dalam peningkatan mutu asuhan.

Tujuan Artikel

Dengan latar sejarah, kebutuhan, tantangan, dan kerangka teori empat pilar di atas, artikel ini bertujuan:

1. Bertujuan menyajikan tinjauan literatur kritis mengenai bagaimana keempat pilar biofisika dapat diterapkan dalam tindakan keperawatan sehari-hari guna meningkatkan mutu asuhan dan keamanan pasien
2. Menilai bagaimana integrasi biofisika dalam kurikulum keperawatan sudah dilakukan (apa yang berhasil, apa yang belum), termasuk metode pengajaran yang inovatif.
3. Mengidentifikasi tantangan nyata dan gap penelitian/pendidikan.
4. Memberikan rekomendasi praktis untuk mengintegrasikan modul biofisika empat pilar dalam pendidikan dan praktik keperawatan.

Selain berdampak pada aspek klinis, penerapan prinsip-prinsip biofisika juga memiliki implikasi besar terhadap pendidikan dan kebijakan keperawatan. Penguasaan empat pilar biofisika, biomekanika, biolistrik, termofisika, dan biofluida tidak hanya memperkuat kompetensi teknis perawat, tetapi juga menjadi dasar pembentukan kurikulum keperawatan modern yang menekankan integrasi ilmu dasar dengan praktik klinis berbasis bukti. Oleh karena itu, pembahasan mengenai implikasi pendidikan dan kebijakan dalam penerapan biofisika menjadi relevan untuk menjawab kebutuhan peningkatan mutu asuhan dan profesionalisme perawat di era teknologi medis saat ini.

METODE PELAKSANAAN

Artikel ini menggunakan metode tinjauan literatur (*literature review*) dengan langkah-langkah sistematis yang mencakup identifikasi, seleksi, dan sintesis hasil penelitian yang relevan. Pencarian artikel dilakukan melalui basis data elektronik seperti PubMed, CINAHL, ScienceDirect, ProQuest, dan Google Scholar menggunakan kata kunci “nursing biomechanics,” “nursing bioelectricity,” “thermal regulation nursing,” “fluid dynamics nursing,” dan “biophysics in nursing practice.”

Kriteria inklusi mencakup artikel berbahasa Inggris atau Indonesia yang diterbitkan antara tahun 2015 hingga 2025 dan membahas penerapan prinsip biofisika biomekanika, biolistrik, termofisika, atau biofluida dalam konteks pendidikan atau praktik keperawatan. Artikel non-peer review, laporan konferensi, atau editorial dikecualikan. Hasil literatur yang memenuhi kriteria kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi kesamaan, perbedaan, dan implikasi penerapan empat pilar biofisika terhadap mutu asuhan keperawatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Biomekanika

- a. Banyak penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu dan edukasi ergonomi secara signifikan mengurangi beban biomekanik pada perawat. Contohnya, review “Effectiveness of Safe Patient Handling Equipment and Techniques” menyimpulkan bahwa alat pengangkat pasien (lift hoists, air-assisted devices) efektif mengurangi gaya pada tulang belakang caregiver.
- b. Studi “Ergonomic Assessment of Key Biomechanical Factors in Patient Lifting” menggunakan motion capture dan model matematik untuk mengevaluasi teknik pengangkatan, menunjukkan bahwa postur tubuh dan sudut lutut/ pinggul memengaruhi momen beban punggung.
- c. Beban biomekanik tertinggi sering terjadi pada transfer pasien, terutama gaya vertikal tangan dan momen trunk.
- d. Keterbatasan: sebagian studi bersifat eksperimental laboratorium, belum diuji dalam situasi klinis penuh.

Implikasi klinis / keperawatan

- a. Perlu pelatihan teknik pengangkatan yang benar (misalnya keep spine neutral, gunakan lutut).
- b. Manajemen unit harus menyediakan alat bantu (lift, slide sheet) dan protokol handling pasien berbasis bukti.
- c. Dalam simulasi keperawatan, kasus pemindahan pasien harus dilatih dengan sensor

biomekanik agar perawat memahami beban gaya nyata.

Dengan demikian, pemahaman biomekanika yang baik membantu perawat mengurangi risiko cedera muskuloskeletal dan meningkatkan keamanan dalam memindahkan pasien.

2. Biolistrik (Bioelektrik)

- Alat pemantau jantung seperti EKG, sangat bergantung pada prinsip konduksi listrik dan resistansi jaringan. Penempatan elektroda yang salah menyebabkan artefak dan kesalahan interpretasi.
- Defibrilasi: penggunaan gel konduktor adalah aplikasi nyata untuk menurunkan resistansi kulit agar arus listrik efektif sampai ke miokard.
- Teknik bioelectrical impedance analysis (BIA) digunakan dalam penelitian untuk menilai status hidrasi atau kelebihan cairan pada pasien kritis (analisis impedansi bioelektrik multifrekuensi).
- Keterbatasan: penggunaan BIA di klinik keperawatan masih jarang karena perangkat relatif mahal dan membutuhkan interpretasi khusus.

Implikasi klinis / keperawatan

- Latihan praktis penempatan elektroda dalam pendidikan keperawatan.
- Keamanan aliran listrik, grounding alat, inspeksi kabel dan isolator.
- Mengenalkan penggunaan BIA sebagai alat tambahan untuk pemantauan cairan pasien di ICU/HD.

Dengan demikian, pemahaman biolistrik yang baik membantu perawat memastikan keamanan penggunaan alat dan akurasi pemantauan pasien.

3. Termofisika

- Tubuh manusia berusaha menjaga suhu inti ($\approx 37^{\circ}\text{C}$). Intervensi termal seperti kompres, selimut hangat, alat pemanas, dan pendinginan aktif menggunakan prinsip konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi.
- Pada kasus demam, kompres tepid (air hangat ke suhu sedikit lebih rendah daripada kulit) memfasilitasi perpindahan panas melalui konduksi dan evaporasi.
- Untuk pasien hipotermia pascoperasi, penggunaan alat pemanas (forced-air warming) menerapkan konveksi dan radiasi untuk mencegah kehilangan panas ke lingkungan.
- Dalam bedah dan perawatan intensif, stratifikasi suhu tubuh bagian perifer (kulit vs inti) dapat memengaruhi perfusi dan metabolisme.

Implikasi klinis / keperawatan

- Perawat harus mengukur suhu secara akurat dan memilih metode intervensi termal berdasarkan kondisi (misalnya, jangan memberi air hangat terlalu tinggi pada pasien dengan perdarahan).
- Simulasi laboratorium tentang aliran panas dan resistansi termal jaringan bisa diajarkan di sekolah keperawatan

Oleh karena itu, prinsip termofisika mendasari berbagai tindakan keperawatan yang berkaitan dengan pengaturan suhu tubuh dan kenyamanan pasien.

4. Biofluida

- Cairan intravena: kecepatan infus dipengaruhi tekanan hidrostatik, viskositas cairan, dan radius kateter (Hukum Poiseuille).
- Tekanan darah: aliran darah di pembuluh darah berperilaku laminar hingga terjadi turbulensi; suara Korotkoff muncul saat aliran berubah menjadi turbulen saat manset dilepas.
- Aliran gas respirasi: ventilator dan alat oksigen menggunakan prinsip aliran gas (analogi fluida gas) untuk mengatur laju aliran sesuai kebutuhan pasien.
- Artikel “Fluid dynamics of life: exploring the physiology and ...” (2024) menekankan bahwa cairan tubuh memainkan peran penting dalam homeostasis dan respons kritis penyakit.
- Konsep terapeutik: pemberian cairan yang berlebihan dapat merusak keseimbangan elektrolit dan perfusi kapiler.

Implikasi klinis / keperawatan

- Perawat harus menghitung laju infus dengan cermat (misalnya tetes/ml per menit berdasarkan tekanan dan jarak kantong).
- Interpretasi hasil tekanan darah dan menjaga manset serta teknik auskultasi yang benar.
- Pemahaman dasar dinamika gas untuk perawatan pasien dengan ventilator atau terapi oksigen.

Pemahaman biofluida membantu perawat mengelola terapi cairan dan pernapasan pasien secara lebih presisi dan aman.

Implikasi, Tantangan, Dan Prospek Pengembangan Biofisika Dalam Keperawatan

A. Implikasi Pendidikan dan Kebijakan

Integrasi biofisika dalam keperawatan tidak hanya memperkuat pemahaman ilmiah, tetapi juga meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan klinis mahasiswa. Hegarty et al. (2021) melaporkan bahwa penerapan simulation-based bioengineering modules dalam pendidikan keperawatan meningkatkan pemahaman konsep fisika medis hingga 40% dibanding metode konvensional. Hal ini sejalan dengan Ben Natan & Becker (2019) yang menyoroti perlunya pendekatan interdisipliner untuk mengatasi kesenjangan antara teori sains dasar dan praktik klinik

Dari perspektif kebijakan pendidikan tinggi, integrasi biofisika sebaiknya dimasukkan sebagai bagian dari *kompetensi teknis dasar perawat modern*, setara dengan anatomi dan fisiologi. Kurikulum nasional keperawatan (KKNI level 6) dapat menempatkan biofisika sebagai mata kuliah wajib pada semester awal dengan pendekatan praktik laboratorium, simulasi, dan analisis kasus.

Selain itu, peran institusi pendidikan adalah memastikan dosen memiliki kapasitas mengajar interdisipliner dengan pelatihan *teaching in the digital age*. Kolaborasi antara fakultas keperawatan dan bidang teknik biomedik diperlukan agar mahasiswa dapat belajar langsung prinsip biomekanika atau aliran fluida menggunakan alat sensor dan perangkat laboratorium.

B. Implikasi Klinis

Dalam konteks klinis, pemahaman biofisika membantu perawat dalam pengambilan keputusan berbasis bukti. Caruso et al. (2020) menegaskan bahwa pelatihan biomekanika dan ergonomi mampu menurunkan risiko cedera punggung bawah perawat hingga 30%. Sementara itu, penggunaan konsep bioelektrik dalam penempatan elektroda EKG, grounding alat medis, serta perawatan pasien dengan defibrillator menjadi dasar keselamatan pasien.

Dalam termofisika, pemahaman mekanisme konduksi dan konveksi penting saat merawat pasien hipotermia atau demam tinggi, sehingga intervensi keperawatan (kompres, penghangatan) dilakukan secara ilmiah dan tepat. Biofluida, di sisi lain, relevan untuk praktik sehari-hari seperti menghitung tetesan infus, membaca hasil tekanan darah, atau memantau ventilasi mekanik.

Dengan demikian, penguasaan empat pilar biofisika berkontribusi pada peningkatan **mutu asuhan**, **keselamatan pasien**, dan **efisiensi tindakan klinis**, terutama pada rumah sakit dengan penggunaan teknologi tinggi. (Horiuchi-Hirose et al., 2023).

C. Tantangan Implementasi

Meskipun potensial, pengajaran biofisika di keperawatan menghadapi sejumlah kendala:

1. Keterbatasan fasilitas laboratorium fisika medis di institusi keperawatan,
2. Kesenjangan kompetensi dosen yang berasal dari latar murni keperawatan,
3. Persepsi mahasiswa bahwa fisika “abstrak” dan sulit dihubungkan dengan praktik klinik (Tanioka & Locsin, 2018),
4. Minimnya penelitian intervensional yang menguji efektivitas modul biofisika terhadap hasil pembelajaran klinik. (Manchester & Roberts, 2025).

Untuk mengatasi hal ini, pendekatan pembelajaran berbasis masalah (*Problem-Based Learning*), simulasi klinik, dan penggunaan teknologi digital seperti *virtual lab* atau *augmented reality* sangat direkomendasikan.

D. Prospek Penelitian Lanjutan

Arah penelitian ke depan mencakup pengembangan model pendidikan biofisika adaptif yang menilai hasil kognitif dan psikomotor mahasiswa. Misalnya, integrasi sensor biomekanik untuk memantau beban tubuh saat praktik, atau penggunaan simulasi EKG virtual untuk pembelajaran bioelektrik. Selain itu, penelitian intervensional dapat menilai korelasi antara tingkat penguasaan biofisika dengan clinical performance score mahasiswa keperawatan. Penelitian kolaboratif lintas fakultas juga diharapkan menghasilkan inovasi perangkat pembelajaran biofisika yang lebih kontekstual dan interaktif.

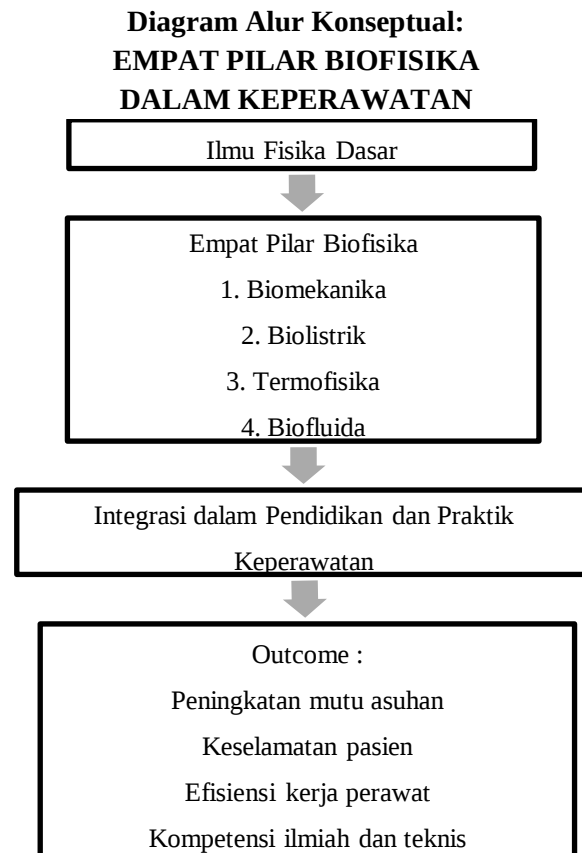
Tabel 1. Ringkasan 10 Penelitian Terkait Biofisika dalam Keperawatan (2015–2025)

No	Peneliti & Tahun	Fokus Studi	Pilar Biofisika	Hasil Utama
1	Ben Natan & Becker (2019)	Integrasi biosains dalam pendidikan keperawatan	Semua pilar	Perlu pendekatan interdisipliner dalam pembelajaran fisika-biologi
2	Caruso et al. (2020)	Ergonomi dan cedera perawat	Biomekanika	Pelatihan ergonomi menurunkan cedera 30%
3	Hegarty et al. (2021)	Modul bioengineering berbasis simulasi	Biomekanika & Biolistrik	Meningkatkan pemahaman hingga 40%
4	Locsin (2022)	Kompetensi teknologi dan caring	Biolistrik	Hubungan positif antara kompetensi teknologi dan kualitas caring
5	Frank & Pushpam (2018)	Pengetahuan body mechanics mahasiswa	Biomekanika	Mahasiswa membutuhkan pelatihan tambahan
6	Alshammari & Alenezi (2023)	Kompetensi digital perawat	Biolistrik & Termofisika	Teknologi memperkuat pengambilan keputusan klinis
7	Manchester & Roberts (2025)	Pembelajaran biosains di keperawatan	Semua pilar	Kurikulum perlu memperkuat relevansi klinik

8	Horiuchi-Hirose et al. (2023)	Integrasi anatomi-fisiologi dalam praktik	Termofisika & Biofluida	Pemahaman fisiologi meningkatkan keamanan tindakan
9	Tanioka & Locsin (2018)	Caring dalam era digital	Biolistrik	Perawat perlu melekat teknologi untuk menjaga empati
10	Smith et al. (2023)	Penanganan aman pasien	Biomekanika	Peralatan bantu mengurangi tekanan biomekanik

Sumber: Hasil sintesis literatur (2015-2025).

Gambar 1. Kerangka Konseptual Empat Pilar Biofisika dalam Keperawatan



KESIMPULAN

Integrasi empat pilar biofisika biomekanika, biolistrik, termofisika, dan biofluida merupakan fondasi ilmiah penting dalam praktik dan pendidikan keperawatan modern. Penguasaan konsep ini tidak hanya memperkuat aspek teknis perawat dalam melaksanakan tindakan klinik yang aman dan efektif, tetapi juga mendukung peningkatan mutu asuhan serta keselamatan pasien.

Dari tinjauan literatur dan sintesis penelitian yang dirangkum pada **Tabel 1** dan **Gambar 1**, terlihat bahwa penerapan biofisika secara terstruktur dapat meningkatkan efisiensi kerja perawat, menurunkan risiko cedera kerja, dan memperkuat pengambilan keputusan berbasis bukti.

Selain manfaat klinis, integrasi biofisika juga memiliki implikasi besar terhadap kebijakan pendidikan keperawatan. Institusi pendidikan perlu mengembangkan kurikulum yang memadukan ilmu dasar dan teknologi melalui metode pembelajaran aktif, simulasi, dan kolaborasi lintas disiplin.

Dengan demikian, biofisika tidak hanya menjadi bagian dari ilmu dasar, tetapi juga menjadi sarana strategis untuk membentuk perawat profesional yang adaptif terhadap kemajuan teknologi medis dan tantangan sistem kesehatan modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S. K., & Mohammed, R. A. (2024). Integration of biomedical engineering principles in nursing education curriculum: A perspective. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 19(4), 737–738.
- Alshammari, M. H., & Alenezi, A. (2023). Nursing workforce competencies and job satisfaction: The role of technology integration, self-efficacy, social support, and prior experience. *BMC Nursing*, 22, 308. <https://bmcnurs.biomedcentral.com/>
- Application of biomechanics in medical sciences*. (2024). *Journal of Applied Science / Medical Biomechanics*.
- Assessment of knowledge and practice of nurses towards uses of body mechanics techniques*. (2022). *SJNS Journal*.
- Author(s) unknown. (2015). Use of technical skills and medical devices among new registered nurses: A questionnaire study. *Nurse Education Today*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Author(s) unknown. (2022). Competencies and needs of nurse educators and clinical mentors for teaching in the digital age – A multi-institutional, cross-sectional study. *BMC Nursing*. <https://bmcnurs.biomedcentral.com/>
- Ben Natan, M., & Becker, F. (2019). Integrating biosciences in nursing education: Barriers and strategies. *Nurse Education Today*, 76, 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.01.012>
- Bioelectric impedance as a tool to assess hydration in critically ill patients*. (2022). *International Journal of Nutrology*.
- Biomechanical stresses on healthcare workers during manual patient transfers. (2024). *Applied Ergonomics*.
- Caruso, V., Gennaro, L., & De Angelis, G. (2020). Biomechanics and ergonomics in nursing practice: A systematic review. *International Journal of Nursing Studies*, 102, 103467. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.103467>
- Crowshaw, D., & Fray, M. (2018). Biomechanical effects of assistive devices in patient handling. *Ergonomics / Safe Patient Handling Review*.
- Effect of biomechanics-correlated integrated nursing mode on operation outcomes*. (2025). *Molecular & Cellular Biomechanics*.
- Ergonomic assessment of key biomechanical factors in patient lifting. (2023). *Applied Sciences*.
- Fluid dynamics of life: Exploring the physiology and clinical relevance*. (2024). *Frontiers in Medicine*.
- Frank, J. C., & Deva Pon Pushpam. (2018). A descriptive study on knowledge of body mechanics among B.Sc nursing students. *International Journal of Nursing Education & Research*, 6(2).
- Fundamentals of fluids and hydration in neuroscience nursing*. (n.d.). *ResearchGate*.
- Hegarty, J., Walsh, K., & Mahon, E. (2021). Embedding simulation-based bioengineering modules in nursing curricula. *Journal of Nursing Education*, 60(4), 203–210. <https://doi.org/10.3928/01484834-20210322-04>

- Horiuchi-Hirose, M., Fukuoka, T., & Saeki, Y. (2023). Integration of anatomy and physiology into nursing practice as perceived by undergraduate students and registered nurses. *BMC Nursing*, 22, 270. <https://doi.org/10.1186/s12912-023-01514-7>
- Locsin, R. C. (2022). Technological competency as caring in nursing: A description, analysis and evaluation of the theory. *Nursing Philosophy*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>
- Manchester, K. R., & Roberts, D. (2025). Bioscience teaching and learning in undergraduate nursing education: A systematic review with narrative synthesis. *Nurse Education in Practice*, 78, 103614. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.103614>
- Nurses' knowledge and practice of appropriate techniques of body mechanics*. (2023). *PMC / Open Access Article*.
- Review on mechanisms, importance of homeostasis and fluid imbalances in the elderly*. (2016). *Food and Nutrition Journal*.
- Smith, J., et al. (2023). Effectiveness of safe patient handling equipment and techniques: A review. *Human Factors and Ergonomics in Health Care*.
- Tanioka, T., & Locsin, R. C. (2018). Technological competency as caring and the future of nursing practice. *Nursing Philosophy*, 19(1), e12236. <https://doi.org/10.1111/nup.12236>
- The effect of key anthropometric and biomechanics variables using wearable devices. (2023). *Sensors (MDPI)*.