



## Mekanisme Tensegritas Sel dan Regulasi Imun oleh mikroRNA : Memahami Interaksi Kompleks dalam Sistem Imun Mamalia

Teuku Daffa Hasian<sup>1</sup>, Ardi Mustakim<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Adiwangsa Jambi, Indonesia

Jl. Sarsan muslim No. RT 24, Thehok, Kec. Jambi Selatan, Kota Jambi

Korespondensi penulis: [Teukudaffa89@gmail.com](mailto:Teukudaffa89@gmail.com)

**Abstract.** *Modern cellular tissues have evolved into cell tensegrity structures, where cell strength and stability are established through supportive interactions. Tensegrity improves the efficiency of frequency spectrum use and signal quality in cellular networks. Research shows miRNAs play an important role in the regulation of gene expression in the immune system, providing new insights into the complexity of modern biological systems. Structural Design of Cellular Tissues involves computer simulation studies and laboratory experiments on cell tensegrity. Immune Regulation by MicroRNAs includes analysis of MiRNA gene expression and functionality using technologies such as microarrays and high-throughput sequencing. Data Integration includes identifying microRNA gene targets and understanding transcriptional regulation through methods such as reporter gene assays and Chromatin Immunoprecipitation to predict cellular responses in clinical scenarios. The complex interplay between cellular tensegritas mechanisms and immune regulation by microRNAs shows how widespread their interactions are in human biological systems. The cellular tensegritas structure helps improve intercellular communication, while immune regulation by microRNAs ensures the body's proper response to pathogens. Recent research on microRNAs has exposed their role in the development and function of mammalian immune cells. MiRNAs play an important role in the development and function of mammalian immune cells. The complex interactions between cellular tensile mechanisms and immune regulation by microRNAs demonstrate how structural and functional integration can improve the performance of human biological systems. Integration of these data provides a complete picture of the complexity of modern biological systems and their clinical implications in the diagnosis and treatment of immunological diseases.*

**Keywords:** *Cellular Tensegrity, Immune Regulation, microRNA*

**Abstrak.** Jaringan seluler modern telah berkembang menjadi struktur tensegritas sel, di mana kekuatan dan stabilitas sel terbentuk melalui interaksi yang mendukung. Tensegritas meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi dan kualitas sinyal dalam jaringan seluler. Penelitian menunjukkan miRNA memainkan peran penting dalam regulasi ekspresi gen dalam sistem imun, memberikan wawasan baru tentang kompleksitas sistem biologis modern. Desain Struktural Jaringan Seluler melibatkan studi simulasi komputer dan eksperimen laboratorium pada tensegritas sel. Regulasi Imun oleh MikroRNA mencakup analisis ekspresi dan fungsionalitas gen MiRNA menggunakan teknologi seperti microarray dan high-throughput sequencing. Integrasi Data mencakup identifikasi target gen mikroRNA dan pemahaman regulasi transkripsi melalui metode seperti reporter gene assays dan Chromatin Immunoprecipitation untuk memprediksi respons seluler dalam skenario klinis. Interaksi kompleks antara mekanisme tensegritas seluler dan regulasi imun oleh mikroRNA menunjukkan betapa luasnya interaksi mereka dalam sistem biologis manusia. Struktur tensegritas seluler membantu meningkatkan komunikasi antarsel, sedangkan regulasi imun oleh mikroRNA memastikan respon tubuh yang tepat terhadap patogen. Penelitian recent tentang mikroRNA yang telah mengekspos peran mereka dalam pengembangan dan fungsi sel imun mamalia. MiRNA berperan penting dalam pengembangan dan fungsi sel imun mamalia. Interaksi kompleks antara mekanisme tensegritas seluler dan regulasi imun oleh mikroRNA menunjukkan bagaimana integrasi struktural dan fungsional dapat meningkatkan performa sistem biologis manusia. Integrasi data ini memberikan gambaran lengkap tentang kompleksitas sistem biologis modern dan implikasi klinisnya dalam diagnosis dan pengobatan penyakit imunologis.

**Kata Kunci:** Tensegritas Seluler, Regulasi Imun, mikroRNA

### 1. LATAR BELAKANG

Jaringan seluler modern tidak lagi bergantung hanya pada mekanisme grid sel tradisional. Sebaliknya, mereka telah berkembang menuju struktur tensegritas sel, sebuah konsep yang menjelaskan bagaimana kekuatan dan stabilitas sel dihasilkan melalui interaksi

antara elemen-elemen yang saling mendukung. Prinsip tensegritas ini diterapkan dalam banyak bidang, termasuk biomechanika dan arsitektur, karena kemampuan untuk menciptakan integritas struktural yang kuat dan fleksibel.

Dalam konteks jaringan seluler, tensegritas membantu meningkatkan efisiensi penggunaan spektrum frekuensi dan mengoptimalkan kualitas sinyal. Contohnya adalah pada jaringan CDMA, dimana konsep clustering digunakan untuk mencegah aliasing antar kode didalam satu sel, sehingga meningkatkan kapasitas jaringan secara substansial. Oleh karena itu, pengetahuan tentang tensegritas sangat relevan dalam merancang jaringan seluler yang lebih canggih dan efisien. Selain itu, sistem imun juga dipenuhi dengan komponen-komponen yang kompleks dan dinamis. Salah satu contoh penting dalam hal ini adalah mikroRNA (miRNA). MiRNA berperan sebagai regulator ekspresi gen yang sangat penting dalam pengembangan dan fungsi sel imun.

Penelitian-penelitian recent telah menunjukkan bahwa miRNA ikut berpartisipasi dalam diferensiasi sel imun, hasil respons imunitas terhadap infeksi, dan pengembangan penyakit imunologis. Beberapa miRNA bahkan dapat merepresi ekspresi protein-target yang sudah diketahui berperan besar dalam hematopoiesis. Contoh yang spesifik adalah miR-155, yang tampilannya ditingkatkan setelah aktivasi reseptor antigen dan stimulasi inflamasi. MiR-155 berperan dalam regulasi switch klas IgG1 dan somatik mutasi melalui target cytidine deaminase AID. MiRNA ini juga ikut regulasi diferensiasi TH1 vs TH2 melalui target transcription factor c-Maf.

Selain miR-155, miR-146 juga penting dalam respons imunitas terhadap infeksi bakteri dan virus. MiRNA ini bereaksi cepat terhadap stimulasi lipopolissakarida dan pro-inflamasi cytokine, sehingga berpotensi sebagai regulator inflamasi negatif melalui target IRAK1 dan TRAF6. Integrasi antara teknologi tensegritas seluler dan regulasi imun oleh mikroRNA menciptakan gambaran lengkap tentang kompleksitas sistem biologis modern. Struktur tensegritas sel membantu meningkatkan efisiensi komunikasi antarsel, sedangkan regulasi imun oleh mikroRNA memastikan respon tubuh yang tepat terhadap patogen.

Pengetahuan tentang interaksi antara tensegritas dan regulasi imun dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain jaringan seluler yang fleksibel dan adaptif terhadap lingkungan internal dan eksternal. Misalnya, penelitian tentang miR-155 dapat membantu dalam pengobatan penyakit hematopoietik dengan cara manipulasi ekspresi gen spesifik. Oleh karena itu, eksplorasi terkait "mekanisme tensegritas sel dan regulasi imun oleh mikroRNA" sangat relevan dalam bidang bioteknologi dan medis, karena memberikan wawasan baru tentang bagaimana integrasi struktural dan fungsional dapat meningkatkan keseluruhan performa

sistem biologis manusia.

## **2. METODE PENELITIAN**

Data yang digunakan dalam penulisan review jurnal ini dikumpulkan menggunakan metode studi pustaka. Penelusuran pustaka dilakukan menggunakan instrument pencarian pustaka berbasis online seperti Google Scholar, Google Book dan Elsevier. Pustaka yang diperoleh kemudian disusun sesuai kerangka, dan penulisan review artikel dilakukan sesuai format review artikel yang ditentukan.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Interaksi kompleks antara mekanisme tensesgritas seluler dan regulasi imun oleh mikroRNA menunjukkan betapa luasnya interaksi mereka dalam sistem biologis manusia. MiR-155 dan miR-146 family intensif diteliti karena perannya dalam regulasi imunitas aktiva terhadap infeksi dan pengaturan inflamasi. Struktur tensesgritas seluler membantu meningkatkan komunikasi antarsel, sedangkan regulasi imun oleh mikroRNA memastikan respon tubuh yang tepat terhadap patogen.

Integrasi data ini memberikan gambaran lengkap tentang kompleksitas sistem biologis modern dan implikasi klinisnya dalam diagnosis dan pengobatan penyakit imunologis. Penelitian recent tentang microRNA telah mengekspos peran mereka dalam pengembangan dan fungsi sel imun mamalia. Interaksi kompleks antara struktur tensesgritas seluler dan regulasi imun oleh mikroRNA menunjukkan potensial aplikasi dalam bidang medis untuk meningkatkan pemahaman tentang mekanisme perlindungan tubuh terhadap patogen dan pengobatan penyakit imunologis.

Mekanisme tensesgritas seluler dan regulasi imun oleh mikroRNA (miRNA) menawarkan peluang besar untuk eksplorasi lebih lanjut dalam pengembangan ilmu bioteknologi modern. MiRNA seperti miR-155 dan miR-146, yang memiliki peran signifikan dalam diferensiasi sel imun dan pengaturan inflamasi, dapat dijadikan target dalam terapi genetik yang lebih presisi. Dalam konteks penyakit hematopoietik atau inflamasi kronis, manipulasi ekspresi miRNA tertentu dapat memberikan pendekatan terapeutik yang lebih efektif dan minim efek samping. Pendekatan ini mendukung implementasi terapi berbasis personalisasi yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pasien, terutama dalam penanganan gangguan imunologis.

Selain aplikasi klinis, mekanisme tensesgritas seluler juga memberikan kontribusi yang signifikan dalam teknologi rekayasa jaringan. Prinsip tensesgritas memungkinkan terciptanya

struktur jaringan yang fleksibel dan efisien, baik dalam konteks biologis maupun teknologi komunikasi. Dalam jaringan seluler, penggunaan konsep ini dapat meningkatkan efisiensi transmisi sinyal dengan mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi, khususnya melalui sistem berbasis cluster. Pengetahuan ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan performa sistem komunikasi di masa depan, baik dalam skala biologis maupun teknologi.

Integrasi konsep-konsep ini menunjukkan potensi besar untuk membangun platform inovatif di berbagai bidang ilmu. Pendekatan multidisipliner yang menggabungkan biologi molekuler, teknologi seluler, dan bioinformatika dapat memberikan solusi holistik terhadap berbagai tantangan medis, seperti diagnosa dini penyakit autoimun dan pengembangan terapi yang berbasis data genomik. Dengan memanfaatkan kemampuan tensegritas untuk mendukung komunikasi antarsel dan regulasi imun oleh miRNA untuk menjaga keseimbangan sistem imun, penelitian ini memberikan pijakan kuat untuk eksplorasi lebih lanjut dalam ilmu biologi modern, nanoteknologi, dan pengembangan teknologi adaptif.

#### 4. KESIMPULAN

Tensegritas sel dan regulasi imun oleh miRNA adalah dua mekanisme penting yang bekerja sama untuk mendukung fungsi sistem imun mamalia. Interaksi kompleks antara keduanya memberikan wawasan baru tentang bagaimana sistem imun beradaptasi terhadap lingkungan dan tantangan fisiologis. Penelitian lebih lanjut tentang mekanisme ini dapat menghasilkan inovasi dalam diagnosis dan terapi berbagai penyakit yang melibatkan sistem imun.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Baulina, N. M., Kulakova, O. G., & Favorova, O. O. (2016). MicroRNAs: The role in autoimmune inflammation. *Acta Naturae (Англоязычная Версия)*, 8(1), 21–33.
- Dedeoğlu, B. G. (2014). High-throughput approaches for microRNA expression analysis. *Mirnomics: MicroRNA Biology and Computational Analysis*, 91–103.
- Ha, T. Y. (2011). The role of microRNAs in regulatory T cells and in the immune response. *Immune Network*, 11(1), 11–41.
- Istianto, D. T., Tjong, W. F., & Prayogo, D. (2022). Analisis non-linear struktur tensegrity menggunakan total potential energy optimization with metaheuristic methods (TPO/MA). *Dimensi Utama Teknik Sipil*, 9(2), 97–115.
- Pridko, O., Borikun, T., Rossylina, O., Rishko, M., & Rusyn, A. V. (2022). Expression pattern of miR-125b-2, -155, -221, and -320a is associated with response of breast cancer patients to tamoxifen. *Experimental Oncology*, 44(4), 295–299.

- Rahmadi, A., Fasyah, I., Sudigyo, D., Budiarto, A., Mahesworo, B., Hidayat, A. A., & Pardamean, B. (2021). Comparative study of predicted miRNA between Indonesia and China (Wuhan) SARS-CoV-2: A bioinformatics analysis. *Genes & Genomics*, 43(9), 1079–1086.
- Raisch, J., Darfeuille-Michaud, A., & Nguyen, H. T. T. (2013). Role of microRNAs in the immune system, inflammation and cancer. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 19(20), 2985.
- Sanjaya, A. (2023). MicroRNA: Sebuah panduan pemula untuk klinisi dan peneliti. *Journal of Medicine and Health*, 5(1), 80–94.
- Scherm, M. G., & Daniel, C. (2020). miRNA-mediated immune regulation in islet autoimmunity and type 1 diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 606322.
- Devita, N., & Arjana, U. A. H. A. Z. (n.d.). Potensi miRNA sebagai biomarker diagnosis dini penyakit hati kronis pasca infeksi hepatitis B.