

## Optimasi Keandalan Dan Keamanan Komunikasi Nirkabel Teknologi Spread Spectrum

Sofyan Mufti Prasetyo<sup>1</sup>, Diva Aulia Fitri Qur'ani<sup>2</sup>, Jonathan Dicky<sup>3</sup>, Sandi Puad<sup>4\*</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia

Email: <sup>1</sup>[dosen01809@unpam.ac.id](mailto:dosen01809@unpam.ac.id), <sup>2</sup>[divaauliafitriqurani@email.com](mailto:divaauliafitriqurani@email.com), <sup>3</sup>[jonthzee@gmail.com](mailto:jonthzee@gmail.com),

<sup>4\*</sup>[sandipuadpradana@email.com](mailto:sandipuadpradana@email.com)

(\* : coressponding author)

**Abstrak** – Teknologi spread spectrum telah menjadi landasan yang kuat dalam sistem komunikasi nirkabel modern karena kemampuannya dalam meningkatkan keamanan, ketahanan terhadap gangguan, dan kinerja transmisi data. Konsep dasarnya melibatkan penyebaran energi sinyal melalui penggunaan urutan pseudo-noise atau waveform penyebaran, yang memperluas pita frekuensi yang digunakan untuk transmisi data. Dikembangkan awalnya untuk aplikasi militer pada pertengahan abad ke-20, modulasi spread spectrum (SS) telah berevolusi dan diterapkan secara luas dalam berbagai konteks komunikasi, termasuk aplikasi militer dan sipil. Makalah ini menyajikan tinjauan tentang konsep dasar, fungsi, dan aplikasi teknologi spread spectrum. Fokus utamanya adalah pada peran teknologi ini dalam mengatasi tantangan yang dihadapi oleh sistem komunikasi nirkabel, terutama dalam menghadapi interferensi, multipath, dan keamanan data. Teknik deteksi dan sintesis sinyal multipath dalam spread spectrum dijelaskan untuk menunjukkan bagaimana teknologi ini mampu meningkatkan keandalan dan efisiensi transmisi data dalam kondisi operasional yang kompleks.

**Kata Kunci:** Spread Spectrum, Modulation, Anti-Jamming, Interference Rejection, Multipath, CDMA, Pseudo-Noise Sequences, Wireless Communication.

*Abstract* – Spread spectrum technology has emerged as a pivotal solution in modern wireless communication systems, offering robustness against signal interference and enhancing data transmission security. This method involves spreading the signal energy over a wider frequency band than necessary, using pseudo-noise sequences or spreading waveforms. Initially developed for military applications in the mid-20th century, spread spectrum modulation (SS) has evolved to address various challenges in communication, including anti-jamming capabilities, interference rejection, and improved multipath reception. This paper explores the fundamental concepts, functions, and applications of spread spectrum technology, emphasizing its role in mitigating multipath effects through signal detection and synthesis techniques. Through simulations and practical implementations, spread spectrum systems demonstrate superior performance in achieving reliable wireless data transmission amidst complex operational environments.

**Keywords:** Spread Spectrum, Modulasi, Anti-Jamming, Penolakan Interferensi, Multipath, CDMA, Urutan Pseudo-Noise, Komunikasi Nirkabel.

### 1. PENDAHULUAN

Di era di mana kebutuhan akan komunikasi yang handal dan aman semakin mendesak, teknologi spread spectrum telah muncul sebagai solusi yang vital. Metode ini memanfaatkan penyebaran energi spektrum sinyal informasi ke dalam pita frekuensi yang lebih luas daripada yang sebenarnya dibutuhkan untuk transmisi data. Dengan menerapkan kode-kode pseudo noise (PN) atau spreading waveforms, teknologi ini tidak hanya meningkatkan keamanan informasi dari gangguan, tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap interferensi yang bisa merusak kualitas sinyal (Bawahab et al., 2019).

Mulai dikembangkan pada pertengahan abad ke-20, modulasi spread spectrum awalnya diperkenalkan dalam konteks militer untuk mengatasi tantangan interferensi dan menjamin kerahasiaan data. Saat ini, aplikasi komersialnya yang luas mencakup teknologi CDMA (Code Division Multiple Access), kemampuan anti-jamming, dan efisiensi operasional pada daya yang rendah. Keunggulan lainnya termasuk kemampuan untuk mengatasi efek multipath yang sering mengganggu kinerja transmisi nirkabel.

Pada bagian ini, kami menyajikan tinjauan komprehensif tentang konsep dasar, fungsi, kegunaan, serta aplikasi teknologi spread spectrum dalam konteks komunikasi modern. Kami juga menyoroti proses krusial dari spreading hingga despreading, yang memainkan peran sentral dalam

menjaga integritas dan keandalan transmisi data. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menggali lebih dalam potensi teknologi spread spectrum dalam menghadapi kompleksitas dan tantangan di masa depan dalam domain komunikasi nirkabel. Dengan demikian, pendahuluan ini mengilustrasikan pentingnya teknologi spread spectrum sebagai fondasi untuk inovasi dalam komunikasi modern, menghadirkan solusi yang lebih handal dan efisien dalam mengelola spektrum frekuensi yang semakin terbatas dan lingkungan yang penuh dengan gangguan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk penelitian ini adalah tinjauan literatur. Tujuan tinjauan literatur ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis penelitian yang telah dilakukan tentang Optimasi Keandalan Dan Keamanan Komunikasi Nirkabel Teknologi Spread Spectrum. Tinjauan ini mencakup literatur yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir dan berfokus pada studi kuantitatif dan kualitatif. Pencarian literatur dilakukan menggunakan database Google Scholar. Kata kunci yang digunakan termasuk “spread spectrum” “modulasi” “anti-jamming” “penolakan interferensi” “multipath” “CDMA” “urutan pseudo-noise” “komunikasi nirkabel”. Kriteria inklusi mencakup studi yang dipublikasikan dalam lima tahun terakhir, relevan dengan topik, dan tersedia dalam bahasa Inggris. Studi yang tidak memiliki abstrak yang relevan atau metode yang jelas dikeluarkan. Literatur dievaluasi berdasarkan relevansi, validitas metodologi, dan kredibilitas sumber. Seleksi awal dilakukan berdasarkan judul dan abstrak, diikuti oleh seleksi lanjutan berdasarkan teks lengkap. Setiap studi yang dipilih dievaluasi menggunakan kerangka kerja kritis untuk memastikan kualitas dan relevansinya. Analisis tematik dilakukan untuk mengidentifikasi tema utama yang muncul dari literatur, seperti praktik melindungi. Literatur dikelompokkan berdasarkan keyword yang telah dibuat.

Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahwa mengeksplorasi konsep dasar, fungsi, dan potensi teknologi spread spectrum dalam konteks komunikasi modern. Fokusnya adalah pada penyebaran energi spektrum sinyal informasi melalui penggunaan kode pseudo noise (PN) atau spreading waveforms untuk meningkatkan keamanan data, ketahanan terhadap interferensi, serta mengatasi efek multipath dalam transmisi nirkabel (Herri Setiawan et al., 2023). Mulai dari pengembangan awalnya untuk keperluan militer hingga aplikasi komersial seperti CDMA dan teknologi anti-jamming, teknologi spread spectrum memainkan peran penting dalam mengoptimalkan operasional pada daya rendah (Sultan & Islands, 2020).

## 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Peran Spread Spectrum

Dalam era di mana akses terhadap informasi sangat mudah, penting untuk terus meningkatkan teknik pengiriman data agar dapat mencapai kualitas sinyal yang optimal dan menjaga keamanan informasi dari gangguan. Salah satu pendekatan yang efektif dalam menghadapi tantangan ini adalah dengan menerapkan teknik spread spectrum. Spread spectrum merupakan metode pengiriman sinyal informasi yang memanfaatkan kode untuk menyebarluaskan energi spektrum sinyal informasi di dalam pita frekuensi yang lebih luas daripada yang diperlukan untuk mengirimkan informasi tersebut. Penerapan sistem komunikasi spread spectrum sangat bermanfaat dalam mengurangi risiko gangguan sinyal (jamming).

Modulasi Spread Spectrum (SS) mulai dikembangkan pada pertengahan abad ke-20, awalnya untuk keperluan militer. Saat ini, aplikasi komersial modulasi SS sangat beragam, termasuk kemampuan anti-jamming, penolakan interferensi, rendahnya potensi intersepsi, kemampuan akses ganda, penerimaan multipath yang lebih baik, jangkauan resolusi tinggi, dan pengaturan waktu universal yang akurat (Fazel & Kaiser, 2003). Selain itu, sistem ini menimbulkan interferensi yang relatif kecil terhadap sistem lain yang beroperasi pada pita frekuensi yang sama (Torrieri, 2015), dengan potensi aplikasi yang menjanjikan dalam sistem komunikasi global di masa depan (Todorović dkk, 2024).

### 3.2 Fungsi dan Kegunaan

Konsep dasar dari sistem ini melibatkan proses penyebaran (spreading) lebar pita frekuensi dari bit-bit informasi menggunakan serangkaian sinyal penyebar yang dikenal sebagai spreading waveforms atau kode pseudo noise (PN). Lebar pita dari kode PN ini jauh lebih besar dibandingkan dengan lebar pita bit atau sinyal informasi yang sebenarnya. Pada pertengahan tahun 1950, teknologi komunikasi spread spectrum mulai dikembangkan sebagai respons terhadap kebutuhan akan sistem komunikasi yang dapat mengatasi masalah interferensi, menjamin kerahasiaan informasi, serta beroperasi dalam kondisi sinyal terhadap noise (S/N) yang rendah. Konsep dasar dari sistem ini melibatkan proses penyebaran (spreading) lebar pita frekuensi dari bit-bit informasi menggunakan serangkaian sinyal penyebar yang dikenal sebagai spreading waveforms atau kode pseudo noise (PN). Lebar pita dari kode PN ini jauh lebih besar dibandingkan dengan lebar pita bit atau sinyal informasi yang sebenarnya (Budikarso et al., 2022).

Sebagai salah satu bentuk komunikasi digital, sistem spread spectrum menawarkan beberapa keunggulan signifikan dibandingkan dengan sistem konvensional, di antaranya:

- a. Ketahanan yang lebih baik terhadap gangguan sinyal (jamming).
- b. Kemampuan untuk mengurangi interferensi antarsinyal.
- c. Efisiensi operasional pada tingkat daya yang rendah.
- d. Kemampuan akses berganda menggunakan teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*).
- e. Keamanan informasi yang lebih terjamin.

Teknologi ini telah membuktikan kegunaannya dalam berbagai aplikasi militer dan sipil, karena mampu menangani tantangan yang berkaitan dengan keamanan dan efisiensi spektrum frekuensi. Dengan menggunakan prinsip-prinsip ini, sistem komunikasi spread spectrum telah menjadi salah satu pilihan utama dalam memenuhi tuntutan komunikasi modern yang semakin kompleks dan serba terhubung (Noer Soedjarwanto et al., 2022).

Pengembangan sistem komunikasi spektrum tersebar yang mampu mendeteksi dan mensintesis sinyal multipath telah menjadi fokus utama dalam upaya untuk mengatasi efek multipath yang sering mengganggu keandalan dan kinerja transmisi nirkabel. Teknologi ini menggabungkan pendekatan deteksi sinyal dengan teknik sintesis yang dirancang khusus untuk menekan gangguan dari sinyal multipath. Teknologi Spread Spectrum merupakan salah satu pendekatan utama dalam komunikasi nirkabel modern yang mengandalkan dua proses penting yang saling terkait erat: Proses Spreading dan Despreading. Proses Spreading merujuk pada teknik di mana sinyal informasi diacak atau disebarluaskan ke dalam spektrum frekuensi yang lebih luas daripada yang dibutuhkan untuk transmisi data itu sendiri. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan transmisi data serta membuat sinyal lebih tahan terhadap gangguan dan interferensi (Zain & Pendahuluan, n.d.)

Di sisi lain, Proses Despreading adalah langkah balik dari Spreading di mana sinyal yang diterima yang telah di-spread (dicacah) di-decode (dibuka) kembali ke bentuk aslinya menggunakan teknik yang sesuai. Proses ini memerlukan pencocokan yang tepat antara kode atau sequence yang digunakan dalam Spreading dengan sinyal yang diterima untuk mengembalikan data ke dalam bentuk aslinya. Kedua proses ini berperan penting dalam menjaga integritas dan keandalan transmisi data dalam sistem Spread Spectrum. Mereka tidak hanya mengurangi risiko gangguan dan interferensi, tetapi juga memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia dengan cara yang efisien.

Penerapan teknologi Spread Spectrum telah terbukti sangat efektif dalam berbagai aplikasi nirkabel, mulai dari komunikasi militer hingga jaringan komunikasi seluler. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan keamanan dan kinerja sistem, serta toleransi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan yang penuh dengan gangguan. Sebagai hasilnya, teknologi ini menjadi fondasi bagi banyak inovasi dalam bidang komunikasi modern yang membutuhkan keandalan dan efisiensi yang tinggi.

### 3.3 Deteksi Multipath Dan Performa

Dalam sistem ini, deteksi awal terhadap sinyal multipath dilakukan menggunakan analisis korelasi antara kode PN lokal yang digunakan dalam transmisi dengan sinyal yang diterima. Teknik yang umum digunakan untuk analisis ini adalah Fast Fourier Transform (FFT), yang memungkinkan sistem untuk dengan cepat mengevaluasi kemiripan antara sinyal yang diterima dan sinyal referensi. Hasil korelasi ini kemudian digunakan untuk menentukan keberadaan dan karakteristik sinyal multipath. Sinyal multipath yang terdeteksi kemudian diselaraskan secara waktu dan ditumpangkan (overlay) menggunakan algoritma sintesis yang dirancang untuk mencapai Signal-to-Noise Ratio (SNR) optimal. Pendekatan ini bertujuan untuk mengintegrasikan sinyal multipath ke dalam sinyal utama dengan cara yang meningkatkan kualitas dan kejelasan sinyal secara keseluruhan. Simulasi menggunakan perangkat lunak seperti SIMULINK telah menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan mampu mencapai Bit Error Rate (BER) yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan sistem CDMA tradisional dalam lingkungan yang dipengaruhi oleh efek multipath. Ini mengindikasikan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengurangi dampak negatif dari multipath terhadap kinerja komunikasi (Xiaoxu et al., 2023).

Secara keseluruhan, keunggulan sistem ini tidak hanya terletak pada kemampuannya untuk mengurangi efek multipath, tetapi juga pada struktur yang sederhana dan konsumsi sumber daya yang rendah. Hal ini membuat teknologi ini berpotensi besar untuk diterapkan dalam aplikasi masa depan di lingkungan komunikasi yang menghadapi tantangan multipath yang kompleks. Dengan demikian, pengembangan sistem komunikasi spektrum tersebar semacam ini memiliki prospek yang cerah untuk meningkatkan reliabilitas dan efisiensi dalam transmisi data nirkabel di berbagai kondisi operasional. Teknologi Spread Spectrum, sebagai landasan utama dalam komunikasi nirkabel modern, didasarkan pada dua proses penting yang saling terkait erat: Proses Spreading dan Despreading. Proses Spreading mengacu pada teknik di mana sinyal informasi disebarkan atau diacak ke dalam spektrum frekuensi yang lebih luas daripada yang dibutuhkan untuk transmisi data. Tujuannya adalah untuk meningkatkan keamanan data dan meningkatkan ketahanan terhadap gangguan dan interferensi. Di sisi lain, Proses Despreading merupakan langkah balik dari Proses Spreading di mana sinyal yang diterima yang telah disebarkan (spread) didekode (despread) kembali ke dalam bentuk aslinya menggunakan teknik yang sesuai. Proses ini membutuhkan pencocokan yang tepat antara kode atau urutan yang digunakan dalam proses Spreading dengan sinyal yang diterima untuk mengembalikan data ke dalam bentuk aslinya. Kedua proses ini memainkan peran krusial dalam memastikan integritas dan keandalan transmisi data dalam sistem Spread Spectrum. Mereka tidak hanya mengurangi risiko gangguan dan interferensi, tetapi juga memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia secara efisien.

### 3.4 Teknologi Spread Spectrum dalam Komunikasi Nirkabel

Penerapan teknologi Spread Spectrum telah terbukti sangat efektif dalam berbagai aplikasi nirkabel, mulai dari aplikasi militer hingga jaringan komunikasi seluler. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan keamanan dan kinerja sistem, serta meningkatkan toleransi terhadap kondisi lingkungan yang penuh dengan gangguan. Sebagai hasilnya, teknologi ini menjadi dasar bagi banyak inovasi dalam bidang komunikasi modern yang memerlukan keandalan dan efisiensi yang tinggi.

Teknologi Spread Spectrum merupakan fondasi utama dalam komunikasi nirkabel modern, didasarkan pada dua proses esensial yang saling terkait: Spreading (Penyebaran) dan Despreading (Pendespreading). Proses Spreading mengacu pada teknik di mana sinyal informasi diperluas atau diacak ke dalam spektrum frekuensi yang lebih luas daripada yang dibutuhkan untuk transmisi data. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan keamanan data serta ketahanan terhadap gangguan dan interferensi (Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains Oleh & Ghalib Abdul Karim Bawahab Nim, 2018).

Di sisi lain, Proses Despreading merupakan langkah balik dari Spreading di mana sinyal yang diterima, setelah disebarkan, didekode kembali ke dalam bentuk aslinya menggunakan teknik yang sesuai. Proses ini memerlukan pencocokan yang tepat antara kode atau urutan yang digunakan dalam proses Spreading dengan sinyal yang diterima untuk mengembalikan data ke dalam bentuk aslinya.

Kedua proses ini memainkan peran krusial dalam memastikan integritas dan keandalan transmisi data dalam sistem Spread Spectrum. Mereka tidak hanya mengurangi risiko gangguan dan interferensi, tetapi juga memungkinkan sistem untuk mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia secara efisien.

Penerapan teknologi Spread Spectrum telah terbukti sangat efektif dalam berbagai aplikasi nirkabel, mulai dari aplikasi militer hingga jaringan komunikasi seluler. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan keamanan dan kinerja sistem, serta meningkatkan toleransi terhadap kondisi lingkungan yang penuh dengan gangguan. Sebagai hasilnya, teknologi ini menjadi dasar bagi banyak inovasi dalam bidang komunikasi modern yang memerlukan keandalan dan efisiensi yang tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Spread Spectrum merupakan metode efektif dalam pengiriman sinyal informasi yang memanfaatkan kode untuk menyebarkan energi spektrum sinyal di dalam pita frekuensi yang lebih luas. Keunggulan utamanya meliputi ketahanan terhadap gangguan sinyal, kemampuan mengurangi interferensi, efisiensi operasional yang baik pada tingkat daya rendah, kemampuan akses ganda, dan peningkatan keamanan informasi. Teknologi ini memiliki aplikasi luas dalam berbagai sektor, baik militer maupun sipil, karena mampu mengatasi tantangan kompleks dalam komunikasi modern.

Proses utama dalam teknologi ini, yaitu Spreading (penyebaran) dan Despreading (pendespreading), berperan krusial dalam memastikan integritas dan keandalan transmisi data. Spreading mengacu pada teknik penyebaran sinyal informasi ke dalam spektrum frekuensi yang lebih luas, sementara Despreading mengembalikan sinyal yang telah disebarkan ke dalam bentuk aslinya. Dua proses ini tidak hanya mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia tetapi juga mengurangi risiko gangguan dan interferensi. Dengan demikian, teknologi Spread Spectrum tidak hanya meningkatkan keamanan dan kinerja sistem komunikasi nirkabel, tetapi juga menjadi fondasi bagi inovasi-inovasi yang memerlukan keandalan dan efisiensi tinggi dalam transmisi data di berbagai kondisi operasional.

#### REFERENCES

- Bawahab, F. G. A. K., Yuniarti, E., & Kurniawan, E. (2019). Analisis Karakterisasi Teknologi Direct Sequence Spread Spectrum Dan Frequency Hopping Spread Spectrum. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*, 2(2), 129–138. <https://doi.org/10.15408/fiziya.v2i2.9513>
- Budikarso, A., Setyadjit, K., Aripin, A., Yuwono, I., Djoko H, S., Aswoyo, B., & Saleh, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Spread-Spectrum dan Analisa Simulasi Kanal Multipath berbasis Fpga (Field Programmable Gate Array) Menggunakan Pseudo Noise Gold Code. *El Sains Jurnal Elektro*, 4(1), 23–30. <https://doi.org/10.30996/elsains.v4i1.6793>
- Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains Oleh, S., & Ghalib Abdul Karim Bawahab Nim, F. (2018). *Analisis Perbandingan Dan Karakterisasi Teknologi Direct Sequence Spread Spectrum Dan Frequency Hopping Spread Spectrum*.
- Herri Setiawan, Bedy Brilliant Wijaya, & Dewi Sartika. (2023). Metode Spread Spectrum untuk Penyisipan Pesan pada Citra Digital. *Bulletin of Computer Science Research*, 4(1), 101–111. <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v4i1.310>
- Noer Soedjarwanto, Anang Budikarso, Kukuh Setyadjit, Aripin, Budi Aswoyo, Akuwan Saleh, & M. Milchan. (2022). Rancang Bangun Spread Spectrum Dengan Metode Sinkronisasi Serial Correlator Berbasis Fpga. *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*, 3(2), 8–11. <https://doi.org/10.33795/jtia.v1i1.92>
- Sultan, G., & Islands, C. (2020). *Slow Frequency-Hopping Spread-Spectrum Modulation Slow Frequency-Hopping Spread-Spectrum Modulation*. August, 0–15.
- Xiaoxu, G., Zhaobin, X., Jiacheng, D., Jia, Y., Xiaojun, J., & Zhonghe, J. (2023). Design of spread spectrum communication system based on multipath signal synthesis. *Electronics Letters*, 59(20), 3–5. <https://doi.org/10.1049/ell2.12974>
- Zain, A., & Pendahuluan, I. (n.d.). *ER*. 89–96.