

EKSPLORASI SIFAT ALJABAR PADA BILANGAN KOMPLEKS DAN APLIKASINYA PADA KONSEP KONJUGAT

Diyah Ayu Pitaloka¹, Iwan Setiawan², Alif Ramdhani Firdaus³, Umi Mahmudah⁴

^{1,2,3,4} Prodi Tadris Matematika, UIN K.H Abdurrahman Wahid Pekalongan

Email: diahayupitaloka47@gmail.com

Abstrak

Pemahaman mendalam tentang sifat-sifat aljabar bilangan kompleks sangat penting bagi pengembangan konsep matematika dan penerapannya dalam berbagai bidang keilmuan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengeksplorasi sifat-sifat aljabar bilangan kompleks dan menerapkan pemahaman tersebut pada situasi dunia nyata, khususnya konsep konjugasi kompleks. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah kualitatif dan mengkaji sifat konjugasi bilangan kompleks. Teknik pengambilan data yang digunakan yaitu studi literatur dan analisis teoritis. Berdasarkan latar belakang dan pendekatan penelitian, maka instrumen penelitiannya yaitu studi literature dan penggunaan permodelan matematikanya. Analisis teoritis dilakukan dengan melakukan pembuktian teorema dan penggunaan definisi untuk mendalami sifat-sifat dasar bilangan kompleks. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsep konjugasi dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan matematika praktis yang kompleks. Implikasi dari penemuan ini memperluas pemahaman kita tentang bilangan kompleks dan konsep konjugasi. Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi secara signifikan untuk memperluas pemahaman kita tentang sifat-sifat aljabar bilangan kompleks, sekaligus menunjukkan nilai-nilai bilangan kompleks yang dapat diterapkan dalam berbagai situasi sehari-hari.

Kata Kunci: bilangan kompleks, konjugat, sifat aljabar

Abstract

A deep understanding of the algebraic properties of complex numbers is very important for the development of mathematical concepts and their application in various scientific fields. The aim of research is to explore the algebraic properties of complex numbers and apply this understanding to real world situations, especially the concept of complex conjugation. The research approach used is qualitative and examines the nature of conjugation of complex numbers. The data collection techniques used were literature study and theoretical analysis. Based on the research background and approach, the research instruments are literature studies and the use of mathematical modeling. Theoretical analysis is carried out by proving theorems and using definitions to explore the basic properties of complex numbers. The results of this research show that the concept of conjugation can be applied to solve complex practical mathematical problems. The implications of this discovery expand our understanding of complex numbers and the concept of conjugation. Therefore, it is hoped that this research can make a significant contribution to expanding our understanding of the algebraic properties of complex numbers, as well as showing the values of complex numbers that can be applied in various everyday situations.

Keywords: complex numbers, conjugates, algebraic properties

PENDAHULUAN

Matematika merupakan salah satu mata pelajaran yang diajarkan di berbagai jenjang pendidikan, dimulai dari pendidikan dasar hingga perguruan tinggi. Hal tersebut merupakan salah satu bukti yang menunjukkan bahwa matematika merupakan mata pelajaran yang sangat penting dalam dunia pendidikan. Alasan mempelajari matematika dalam dunia pendidikan tidak lain karena matematika sangat berperan penting disegala bidang kehidupan, contohnya sebagai informasi dan gagasan yang banyak dikomunikasikan atau disampaikan dengan bahasa matematika, serta masih banyak lagi masalah yang dapat disajikan ke dalam model matematika.

Seseorang yang mempelajari matematika akan terbiasa menjadi berpikir secara sistematis, ilmiah, menggunakan logika, kritis, dan dapat meningkatkan daya kreativitasnya. Maka dari itu mengapa matematika menjadi salah satu prasyarat mata pelajaran dalam menentukan kelulusan sekolah. Namun dilain hal berdasarkan pengalaman di lapangan, siswa masih menganggap matematika sebagai pelajaran yang sulit untuk dipahami, menakutkan dan bahkan membosankan (Oktoviani, Widoyani, & Ferd, 2019).

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak lepas dari masalah-masalah yang berhubungan dengan matematika. Salah satu materi dalam matematika yang banyak digunakan dalam terapan adalah Analisis kompleks. Dalam penelitian ini analisis kompleks yang akan dibahas yaitu tentang bilangan kompleks. Setelah mengenal mengenai sistem bilangan selanjutnya persamaan matematika dikembangkan untuk membantu menyelesaikan atau mencari solusi dari permasalahan nyata yang dihadapi oleh manusia (Ansar & Abdullah, 2019).

Bilangan kompleks merupakan bidang yang kaya akan sifat-sifat aljabar yang menarik dan beragam. Dengan menggabungkan bagian real dan imajiner, bilangan kompleks telah menjadi fondasi yang penting dalam pemecahan masalah matematis yang kompleks serta memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai disiplin ilmu. Dalam konteks ini, penelitian tentang sifat aljabar pada bilangan kompleks menjadi sangat penting karena memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang struktur matematika yang mendasarinya (Yanuar, 2024).

Eksplorasi sifat aljabar pada bilangan kompleks merupakan salah satu topik yang fundamental didalam matematika yang memiliki aplikasi yang sangat luas di berbagai bidang, termasuk bidang ilmu fisika, teknik, dan ilmu komputer. Bilangan kompleks, yang pertama kali diperkenalkan oleh seorang matematikawan dari Italia, beliau Gerolamo Cardano, pada abad ke-16, merupakan perluasan dari bilangan real yang mencakup akar-akar persamaan kuadrat yang tidak memiliki solusi real. Secara umum, bilangan kompleks dinyatakan dalam bentuk $z = a + bi$, di mana a dan b merupakan bilangan real, dan i adalah satuan imajiner yang memenuhi $i^2 = -1$.

Studi lebih mendalam mengenai bilangan kompleks tidak hanya mencakup operasi dasar seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian saja, akan tetapi juga melibatkan analisis sifat-sifat aljabarnya yang unik didalamnya. Misalnya, pada konsep modulo serta argumen dari bilangan kompleks yang memberikan cara untuk merepresentasikan bilangan kompleks dalam bentuk polar, yang kemudian

mempermudah operasi perkalian dan pembagian. Selain itu, bilangan kompleks memiliki sifat menarik seperti kesimetrian, periodisitas, dan konjugasi yang mempermudah aplikasi dalam analisis sinyal.

Konjugat merupakan salah satu konsep kunci dalam aljabar bilangan kompleks yang sering kali menjadi fokus perhatian dalam penelitian. Konjugat sebuah bilangan kompleks diperoleh dengan mengubah tanda bagian imajiner. Meskipun konsep ini sederhana, namun memiliki implikasi yang luas dalam penyelesaian persamaan, analisis fungsi, dan penerapan di berbagai bidang ilmu, termasuk bidang ilmu fisika, teknik, dan ilmu komputer.

Eksplorasi sifat aljabar pada bilangan kompleks tidak akan lengkap tanpa membahas konsep konjugat, yang memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi matematika. Konsep ini tidak hanya membantu dalam menyederhanakan perhitungan dan analisis bilangan kompleks, tetapi juga memiliki berbagai aplikasi praktis yang signifikan di dalamnya. Maka dapat dilihat peranan penting dari konsep konjugat itu sendiri dalam menangani berbagai macam aplikasi di dalam matematika.

Salah satu aplikasi utama dari konjugat bilangan kompleks adalah dalam penyederhanaan pembagian bilangan kompleks. Ketika membagi dua bilangan kompleks menggunakan konjugat dari penyebut memungkinkan penghapusan komponen imajiner, sehingga hasil pembagian dapat dituliskan dalam bentuk standar yaitu, $a + bi$. Misalnya, untuk membagi z_1 dengan z_2 , kita mengalikan pembilang dan penyebut dengan konjugat dari z_2 , yang menyederhanakan operasi tersebut sehingga menjadi bentuk yang lebih mudah untuk ditangani. Selain itu, konjugat bilangan kompleks juga memiliki peran penting diberbagai bidang, diantaranya dalam bidang teknik, terutama dalam analisis sistem linear dan pemrosesan sinyal, konjugat bilangan kompleks sering digunakan dalam transformasi Fourier dan dalam analisis sistem LTI (Linear Time-Invariant). Sifat simetri dari pasangan konjugat dalam domain frekuensi mempermudah perhitungan dan analisis spektrum sinyal.

Di bidang fisika kuantum, konjugat kompleks juga digunakan dalam representasi fungsi gelombang. Fungsi gelombang, yang sering dinyatakan sebagai bilangan kompleks, memiliki konjugat yang digunakan dalam perhitungan probabilitas dan ekspektasi nilai. Contohnya, probabilitas keberadaan partikel dalam suatu keadaan tertentu dihitung sebagai hasil kali fungsi gelombang dan konjugatnya. Dalam (Nurhidayah, 2019) Sistem bilangan kompleks merupakan perluasan dari sistem bilangan riil. Sistem bilangan ini diperkenalkan untuk memecahkan masalah mengenai sistem-sistem persamaan aljabar yang tidak mempunyai jawaban pada sistem bilangan kompleks. Di dalam aljabar itu sendiri terdapat penggunaan bilangan imajiner dan bilangan kompleks lebih tepatnya pada penyelesaian persamaan kuadrat.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan eksplorasi mendalam terhadap sifat-sifat aljabar pada bilangan kompleks, dengan penekanan khusus pada konsep konjugat. Melalui pendekatan sistematis, kami akan menyelidiki berbagai sifat aljabar yang mendasari bilangan kompleks dan menggali aplikasi praktis dari konsep konjugat dalam berbagai konteks matematika dan ilmu terapan.

Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan pemahaman kita mengenai sifat-sifat aljabar pada bilangan kompleks, tetapi juga akan membuka jalan untuk penerapan konsep konjugat dalam pemecahan masalah nyata dan pengembangan teori matematika yang lebih lanjut. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta bisa menjadi bahan referensi tambahan untuk penelitian selanjutnya di masa mendatang.

METODE

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu pendekatan kualitatif yang berfokus pada analisis teoritis dan aplikatif dari sifat-sifat aljabar bilangan kompleks, khususnya pada konsep konjugasi. Langkah awal dalam penelitian ini yaitu dengan melakukan kajian literatur yang mendalam untuk memahami sifat-sifat dasar dalam bilangan kompleks dan teori yang relevan, termasuk pembuktian teorema yang berkaitan dengan bilangan kompleks dan konjugasinya. Selanjutnya, penelitian ini menganalisis sifat konjugasi bilangan kompleks melalui serangkaian contoh dan kasus yang menunjukkan bagaimana konjugasi dapat digunakan dalam operasi aritmetika, khususnya dalam pembagian bilangan kompleks.

Teknik pengambilan data yang digunakan yaitu studi literatur dan analisis teoritis. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan meninjau berbagai literatur yang relevan mengenai bilangan kompleks, sifat-sifat aljabar, dan konsep konjugasi baik itu dari buku teks, jurnal penelitian, artikel ilmiah, dan sumber akademik lainnya. Untuk mengorganisasi referensi ini, digunakan software manajemen referensi yaitu Mendeley. Analisis teoritis dilakukan dengan melakukan pembuktian teorema dan penggunaan definisi untuk mendalami sifat-sifat dasar bilangan kompleks. Dengan kombinasi teknik dan instrumen ini, penelitian bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai sifat-sifat aljabar bilangan kompleks dan aplikasinya dalam menyelesaikan masalah matematika praktis yang kompleks. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsep konjugat dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan matematika praktis yang kompleks. Keseluruhan proses penelitian ini sangat diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memperluas pemahaman kita mengenai sifat-sifat aljabar bilangan kompleks dan aplikasinya dalam berbagai situasi di kehidupan sehari-hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Aljabar Bilangan Kompleks

Berbagai sifat penjumlahan dan perkalian bilangan kompleks sama dengan yang ada pada bilangan riil, berikut adalah beberapa sifat aljabar dari bilangan kompleks:

$$\begin{aligned} z_1 + z_2 &= z_2 + z_1, & z_1 z_2 &= z_2 z_1 \\ (z_1 + z_2) + z_3 &= z_1 + (z_2 + z_3), & (z_1 z_2) z_3 &= \\ z_1 (z_2 z_3) & & z_2 (z_1 + z_2) &= z \cdot z_2 + z \cdot z_2 \end{aligned}$$

Terdapat bilangan kompleks $0 = (0,0)$ demikian sehingga $0 + z = z = z + 0$, untuk setiap bilangan kompleks z . Untuk setiap bilangan kompleks $z = (x, y)$ terdapat bilangan kompleks $-z = (-x, -y)$ sedemikian sehingga $z + (-z) = 0$. Terdapat bilangan kompleks $1 = (1,0)$ demikian sehingga $1z = z = z1$, untuk setiap bilangan kompleks z . Untuk setiap bilangan kompleks tak nol $z = (x, y)$ terdapat bilangan kompleks: $z^{-1} = \left(\frac{x}{x^2+y^2}, \frac{-y}{x^2+y^2}\right)$ sedemikian sehingga $z z^{-1} = 1$

Bilangan 0 disebut elemen identitas terhadap operasi penjumlahan dimana $-z = (-x, -y)$ disebut negatif dari $z = (x, y)$ dan merupakan invers dari z terhadap operasi penjumlahan. Sedangkan 1 disebut elemen identitas terhadap operasi perkalian dan $z^{-1} = \left(\frac{x}{x^2+y^2}, \frac{-y}{x^2+y^2}\right)$ dinamakan kebalikan dari bilangan kompleks tak nol $z = (x, y)$ merupakan nilai invers dari z terhadap operasi perkalian. Invers dengan operasi penjumlahan dan invers terhadap operasi penjumlahan bernilai tunggal. Dengan menggunakan sifat komutatif, maka kita mempunyai $iy = yi$, sehingga kita bisa menuliskan bahwa $z = x + iy$ atau $z = x + yi$. Sifat komutatif bilangan kompleks, yang menyatakan bahwa urutan perkalian tidak memengaruhi hasil, memiliki beberapa aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu permasalahan dalam kehidupan yang berkaitan dengan bilangan kompleks dengan penyelesaian menggunakan sifat komutatif yaitu Navigasi GPS.

Sistem navigasi GPS (Global Positioning System) menggunakan bilangan kompleks untuk menghitung posisi dan arah pengguna dengan tingkat presisi yang tinggi. Penggunaan bilangan kompleks memungkinkan sistem GPS menyelesaikan perhitungan triangulasi dengan lebih efisien dan akurat. Dalam proses ini, posisi pengguna ditentukan melalui triangulasi, yang melibatkan pengukuran jarak antara pengguna dan beberapa satelit GPS (Misra & Enge, 2006). Untuk menyederhanakan perhitungan jarak dan posisi, koordinat lokasi satelit dan pengguna dinyatakan dalam bentuk bilangan kompleks (Kaplan & Hegarty, 2006).

Bilangan kompleks terdiri dari dua komponen, yaitu bagian real dan bagian imajiner, yang dapat mewakili koordinat dalam sistem koordinat dua dimensi. Dengan bilangan kompleks, sistem GPS dapat melakukan operasi aljabar seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian secara efisien untuk menghitung jarak dan posisi pengguna berdasarkan data yang diterima dari satelit. Salah satu keunggulan utama penggunaan bilangan kompleks dalam sistem GPS adalah sifat komutatifnya (Binoj & Bindu, 2022).

Sifat komutatif memungkinkan operasi aljabar dilakukan dalam urutan yang berbeda tanpa mengubah hasil akhir. Hal ini memberikan fleksibilitas dalam

melakukan perhitungan dan memungkinkan optimalisasi algoritma untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan pemrosesan data. Selain itu, bilangan kompleks juga memiliki sifat-sifat lain seperti asosiatif dan distributif yang membantu menyederhanakan perhitungan dan meningkatkan akurasi hasil. Dengan menggunakan bilangan kompleks, sistem GPS dapat mengatasi masalah yang terkait dengan geometri dan posisi dalam ruang tiga dimensi dengan lebih efektif dan presisi tinggi.

Deskripsi kasus dalam kehidupan sehari-hari yaitu misalkan kita memiliki dua kendaraan A dan B yang bergerak di suatu area. Masing-masing kendaraan dilengkapi dengan GPS yang memberi tahu posisi mereka pada suatu waktu tertentu. Kita ingin menentukan posisi relatif kendaraan B terhadap kendaraan A menggunakan bilangan kompleks.

Penyelesaian dengan Bilangan Kompleks

Representasi Posisi sebagai Bilangan Kompleks: (a) Posisi kendaraan A diwakili oleh bilangan kompleks A; (b) Posisi kendaraan B diwakili oleh bilangan kompleks B

Misalkan pada waktu tertentu, posisi kendaraan A adalah $A = x_A + i y_A$ dan posisi kendaraan B adalah $B = x_B + i y_B$, dimana x dan y adalah koordinat kartesian (misalnya dalam satuan kilometer).

Penentuan Posisi Relatif: Posisi relatif kendaraan B terhadap kendaraan A dapat ditentukan dengan mengurangi posisi A dari posisi B:

$$rel = B - A = (x_B + i y_B) - (x_A + i y_A) = (x_B - x_A) + i(y_B - y_A)$$

Sifat Komutatif: Penjumlahan sifat bilangan kompleks bersifat komutatif, sehingga ketika menentukan posisi relatif maka:

$$rel = (x_B - x_A) + i(y_B - y_A)$$

Atau

$$rel = (y_B - y_A)i + (x_B - x_A)$$

Hasil penjumlahan tetap sama karena penjumlahan bilangan kompleks ini bersifat komutatif.

Contoh Praktis

Misalkan pada suatu waktu posisi GPS kendaraan A adalah $A = 3 + 4i$ km dan posisi GPS kendaraan B adalah $B = 7 + i$ km. menggunakan bilangan kompleks, posisi relatif kendaraan B terhadap kendaraan A adalah:

$$rel = B - A = (7 + i) - (3 + 4i) = 4 - 3i \text{ km}$$

Maka, kendaraan B berada 4 km ke timur dan 3 km ke selatan dari kendaraan A.

Penggunaan dalam Navigasi GPS

Penggunaan navigasi GPS dalam penentuan posisi relatif berfungsi untuk berbagai aplikasi seperti: (a) Koordinasi kendaraan dalam konvoi: untuk mengetahui posisi relatif kendaraan dalam satu kelompok; (b) Penghindaran tabrakan: untuk memantau jarak dan arah relatif kendaraan untuk menghindari tabrakan; (c) Navigasi drone: untuk menentukan posisi relatif drone dalam misi tertentu. Penggunaan bilangan kompleks, sifat komutatif, dan konjugat dalam navigasi GPS memungkinkan sistem untuk: (a) Melakukan perhitungan triangulasi dengan lebih efisien dan akurat; (b) Menyederhanakan dan

mengoptimalkan algoritma navigasi; (c) Meningkatkan presisi dan kecepatan pemrosesan data; dan (d) Menghitung berbagai parameter navigasi, seperti arah dan kecepatan pengguna. Penerapan konsep-konsep matematika ini adalah salah satu faktor penting yang berkontribusi terhadap keandalan dan presisi sistem navigasi GPS. Dengan memanfaatkan bilangan kompleks dan sifat komutatifnya, kita dapat dengan mudah menghitung dan memahami posisi relatif antara dua objek yang bergerak dalam navigasi GPS.

Konjugat Kompleks

Konjugat kompleks dari bilangan kompleks $z = a + bi$ (dengan a dan b adalah bilangan real) adalah $\bar{z} = a - bi$. Dalam sistem GPS, konjugat kompleks ini digunakan untuk menghitung berbagai parameter, seperti arah dan kecepatan pengguna. Misalnya, konjugat kompleks digunakan dalam perhitungan perpindahan Doppler, yaitu perubahan frekuensi sinyal GPS yang diterima oleh pengguna akibat pergerakannya.

SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsep konjugasi dapat diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan matematika praktis yang kompleks. Implikasi dari penemuan ini memperluas pemahaman kita tentang bilangan kompleks dan konsep konjugasi. Pemahaman yang mendalam tentang sifat-sifat aljabar bilangan kompleks dan konjugasi kompleks, serta menunjukkan bagaimana konsep-konsep ini dapat diterapkan pada situasi dunia nyata, khususnya dalam navigasi GPS. Pemahaman ini dapat membantu para peneliti, insinyur, dan ilmuwan dalam berbagai bidang untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan mengembangkan teknologi baru. Penelitian ini membuka peluang untuk eksplorasi lebih lanjut tentang aplikasi bilangan kompleks dan konjugasi kompleks di berbagai bidang. Bilangan kompleks dan konjugasi kompleks dapat terus menjadi alat yang bermanfaat untuk menyelesaikan masalah yang kompleks dan memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi. (a) Bidang Baru: Masih banyak bidang yang dapat dipelajari dengan menggunakan bilangan kompleks dan konjugasi kompleks, (b) Penerapan Praktis: Penelitian lebih lanjut dapat fokus pada pengembangan aplikasi praktis dari konsep-konsep ini, seperti algoritma baru dan perangkat lunak, dan (c) Pendidikan: Upaya dapat dilakukan untuk meningkatkan pemahaman dan pengajaran bilangan kompleks dan konjugasi kompleks di berbagai tingkat pendidikan.

SARAN

Penelitian ini terbatas pada penggunaan referensi karena kebanyakan berupa modul ajar bukan artikel ilmiah. Maka dari itu peneliti membutuhkan saran dan masukan dari pembaca dengan harapan penelitian di masa mendatang akan memiliki dasar referensi yang lebih kuat dan berkualitas, sehingga dapat memberikan kontribusi yang lebih signifikan dan valid dalam bidang eksplorasi sifat aljabar bilangan kompleks dan aplikasi konsep konjugat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansar, A., & Abdullah, M. A. (2019). Beberapa Sifat Akar Persamaan Kuadrat Berkoefisien. *SAINTIFIK*, 36.
- Anton, H., & Rorres, C. (2005). *Aljabar Linear Elementer Versi Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- B. James and B. S. J, "GPS and Real-Time Computer-Vision based Intelligent Navigation System for Electric Vehicle," *2022 International Conference on Innovations in Science and Technology for Sustainable Development (ICISTSD)*, Kollam, India, 2022, pp. 204-208, doi: 10.1109/ICISTSD55159.2022.10010537.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (Eds.). (2006). *Understanding GPS: Principles and Applications* (2nd ed.). Artech House.
- Masta, A. A., Kristianto, Y. D., Yulfiana, E., & Taqiyuddin, M. (2021). *Matematika Tingkat Lanjut*. Jakarta: Kurikulum dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, dan Teknologi Komplek.
- Misra, P., & Enge, P. (2006). *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance* (2nd ed.). Ganga-Jamuna Press.
- Nurhidayah. (2019). *Bilangan Kompleks*. Universitas Jambi.
- Oktoviani, V., Widoyani, W. L., & Ferd, F. (2019). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa SMP pada Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Yanuar. (2024, Januari 24). *Bilangan Kompleks: Pengertian, Operasi, Contoh Soal*. Retrieved from Meja Kelas: <https://mejakelas.com/bilangan-kompleks/>