

**STUDI PENAMBATAN MOLEKUL FRAGMEN ANTIBODI
SCFV6H4 SEBAGAI KOMPONEN DIAGNOSTIK
AMFETAMIN BERBASIS AFINITAS**

SKRIPSI

**AVIVA FIKRIANI
A242034**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2025**

**STUDI PENAMBATAN MOLEKUL FRAGMEN ANTIBODI
SCFV6H4 SEBAGAI KOMPONEN DIAGNOSTIK
AMFETAMIN BERBASIS AFINITAS**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi

**AVIVA FIKRIANI
A 242 034**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2025**

**STUDI PENAMBATAN MOLEKUL FRAGMENT ANTIBODI SCFV6H4
SEBAGAI KOMPONEN DIAGNOSTIK AMFETAMIN
BERBASIS AFINITAS**

**AVIVA FIKRIANI
A242034**

Oktober 2025

Disetujui oleh :

Pembimbing



Umi Baroroh, S.Si., M.Biotek.

Pembimbing



Himalaya Wana Kelana, M.Pd

Kutipan atau saduran baik sebagian ataupun seluruh naskah, harus menyebut nama pengarang, dan sumber aslinya, yaitu Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Skripsi ini merupakan jejak kecil dari perjalanan panjang yang kupersembahkan untuk kedua orang tua, keluarga, dan orang-orang terkasih. Setiap langkah dan pencapaian yang membawaku sampai dititik ini tak lepas dari kasih sayang, dan do'a tulus yang senantiasa menyertai.

ABSTRAK

Penyalahgunaan narkotika dan psikotropika, khususnya amfetamin dan turunannya, masih menjadi masalah sosial dan tantangan kesehatan masyarakat yang signifikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Berdasarkan laporan Badan Narkotika Nasional (BNN), prevalensi penyalahgunaan narkotika di Indonesia mencapai 1,73% dari populasi usia produktif. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pengembangan metode deteksi yang cepat, akurat, dan spesifik untuk mendukung upaya pencegahan serta penanggulangan penyalahgunaan zat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan afinitas pengikatan fragmen antibodi scFv6H4 terhadap amfetamin menggunakan pendekatan penambatan molekul, serta mengevaluasi spesifisitasnya terhadap narkotika lainnya seperti metamfetamin, kokain, morfin, THC, dan benzodiazepin. Hasil analisis penambatan molekul menunjukkan bahwa interaksi antara scFv6H4 dengan amfetamin memiliki nilai energi ikatan bebas sebesar -7,19 kkal/mol. Sebagai pembandingan, nilai energi ikatan bebas ligan lain diperoleh hasil masing-masing, yaitu metamfetamin -7,25 kkal/mol, morfin -6,23, kokain -9,15, benzodiazepin -6,51, dan ganja -8,69. Nilai energi paling negatif ditunjukkan oleh kokain, sedangkan interaksi antara scFv6H4 dengan amfetamin masih berada pada tingkat yang cukup stabil. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun scFv6H4 memiliki kemampuan berinteraksi dengan amfetamin, tingkat spesifisitasnya masih dipengaruhi oleh afinitas terhadap ligan lain, khususnya kokain. Oleh karena itu, diperlukan optimasi lebih lanjut sebelum scFv6H4 dapat dikembangkan sebagai kandidat utama dalam sistem deteksi berbasis *lateral flow assay* (LFA) untuk amfetamin.

Kata kunci: Amfetamin, scFv6H4, penambatan molekul, *lateral flow assay*, deteksi narkotika

ABSTRACT

The abuse of narcotics and psychotropic drugs, particularly amphetamines and their derivatives, remains a significant social problem and public health challenge in many countries, including Indonesia. According to a report by the National Narcotics Agency (BNN), the prevalence of drug abuse in Indonesia reaches 1.73% of the productive age population. This condition highlights the importance of developing fast, accurate, and specific detection methods to support efforts to prevent and combat substance abuse. This study aims to determine the binding affinity of the scFv6H4 antibody fragment to amphetamine using a molecular docking approach, as well as to evaluate its specificity to other narcotics such as methamphetamine, cocaine, morphine, THC, and benzodiazepines. The results of the molecular docking analysis showed that the interaction between scFv6H4 and amphetamine had a free binding energy value of -7.19 kcal/mol. For comparison, the free energy values of other ligands were obtained as follows: methamphetamine -7.25 kcal/mol, morphine -6.23, cocaine -9.15, benzodiazepine -6.51, and marijuana -8.69. The most negative energy value was shown by cocaine, while the interaction between scFv6H4 and amphetamine remained at a fairly stable level. These findings indicate that although scFv6H4 has the ability to interact with amphetamine, its specificity is still influenced by its affinity for other ligands, particularly cocaine. Therefore, further optimization is needed before scFv6H4 can be developed as a leading candidate in a lateral flow assay (LFA)-based detection system for amphetamine.

Keywords: Amphetamine, scFv6H4, molecular docking, lateral flow assay, narcotics detection

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul "**Studi Penambatan Molekul Fragmen Antibodi scFv6H4 sebagai Komponen Diagnostik Amfetamin Berbasis Afinitas**".

Penelitian dan penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Sarjana Farmasi Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Umi Baroroh, M.Biotek. dan Himalaya Wana Kelana, M.Pd. atas bimbingan, nasihat, dukungan, serta pengorbanan yang diberikan. Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. apt. Adang Firmansyah, M.Si., selaku Ketua Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
2. Dr. apt. Diki Prayugo, M.Si., selaku Wakil Ketua I Bidang Akademik,
3. Dr. apt. Hesti Riasari, M.Si., selaku Ketua Program Studi Sarjana Farmasi,
4. Dr. Syarif Hamdani, M.Si., selaku Dosen Wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis,
5. Seluruh staf dosen, staf administrasi, serta karyawan Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
6. Serta rekan-rekan RPL angkatan 2024 yang telah memberikan inspirasi dan kegembiraan selama penulis kuliah di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan karena pengetahuan yang masih sangat terbatas. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati diharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini akan memberikan manfaat bagi penulis sendiri dan juga bagi pihak lain yang berkepentingan.

Bandung. Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KUTIPAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	4
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Narkotika dan Psikotropika.....	5
2.1.1 Definisi	5
2.2 Obat-obat Narkotika dan Psikotropika.....	5
2.2.1 Amfetamin.....	5
2.2.2 Metamfetamin	6
2.2.3 Kokain	7
2.2.4 Morfin	8
2.2.5 THC.....	9
2.2.6 Benzodiazepin	9
2.3 Lateral Flow Assay.....	10
2.4 Antibodi.....	11
2.6 Single Chain Variable Fragment (scFv).....	12
2.7 Penambatan Molekular.....	13
BAB III TATA KERJA	15
3.1 Alat	15
3.2.Bahan.....	15
3.3.Metode Penelitian.....	15
3.3.1 Preparasi Reseptor dan Ligan	15
3.3.2 Validasi Metode	16
3.3.3 Penambatan Molekul Uji Terhadap Reseptor Target.....	16
BAB IV PEMBAHASAN.....	18

4.1 Preparasi Reseptor dan Ligan.....	18
4.2 Validasi Metode Penambatan.....	19
4.3 Afinitas Pengikatan Molekul.....	21
BAB V SIMPULAN DAN ALUR PENELITIAN SELANJUTNYA.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Alur Penelitian Selanjutnya.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Hasil Penambatan ligan natif dengan reseptor.....	20
4.2 Hasil Energi Bebas Ikatan	21
4.3 Interaksi Ikatan dan Asam Amino yang Terbentuk	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur dua dimensi amfetamin	6
2.2 Struktur dua dimensi metamfetamin	7
2.3 Struktur dua dimensi kokain.....	7
2.4 Struktur dua dimensi morfin.....	8
2.5 Struktur dua dimensi THC	9
2.6 Struktur dua dimensi benzodiazepin	10
2.7 Lateral Flow Assay.....	10
2.8 Antibodi.....	11
2.9 VH dan VL	12
2.10 Struktur dua dimensi scFv6H4	13
4.1 (a) scFv sebelum preparasi (b) scFv sesudah preparasi (c) ligan.....	18
4.2 Visualisasi Interaksi scFv6H4 dengan Amfetamin	25
4.3 Visualisasi Interaksi scFv6H4 dengan Meamfetamin	26
4.4 Visualisasi Interaksi scFv6H4 dengan Morfin	26
4.5 Visualisasi Interaksi scFv6H4 dengan Benzodiazepin.....	28
4.6 Visualisasi Interaksi scFv6H4 dengan THC	27
4.7 Visualisasi Interaksi scFv6H4 dengan Kokain.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1	35
2	38

DAFTAR PUSTAKA

Agu, P.C. *et al.* (2023) 'Molecular docking as a tool for the discovery of molecular targets of nutraceuticals in diseases management', *Scientific Reports*, 13(1), pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40160-2>.

Ahmad, Z.A. *et al.* (2012) 'ScFv antibody: Principles and clinical application', *Clinical and Developmental Immunology*, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1155/2012/980250>.

Al-Imam, A. (2017) 'Adverse Effects of Amphetamines on the Cardiovascular System: Review and Retrospective Analyses of Trends', *Global Journal of Health Science*, 9(11), p. 102. Available at: <https://doi.org/10.5539/gjhs.v9n11p102>.

Avila, S.B. (2024) 'Validation of Docking Methodology (Redocking)', *ResearchGate*, (September), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25223.41124>.

Bhatta, P. and Humphreys, D.P. (2018) 'Relative contribution of framework and CDR regions in antibody variable domains to multimerisation of Fv-and scFv-containing bispecific antibodies', *Antibodies*, 7(3), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/10.3390/antib7030035>.

Bruijns, B. *et al.* (2023) 'Use of Lateral Flow Assays in Forensics', *Sensors*, 23(13). Available at: <https://doi.org/10.3390/s23136201>.

Burley, S.K. *et al.* (2021) 'RCSB Protein Data Bank: Powerful new tools for exploring 3D structures of biological macromolecules for basic and applied research and education in fundamental biology, biomedicine, biotechnology, bioengineering and energy sciences', *Nucleic Acids Research*, 49(1), pp. D437–D451. Available at: <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa1038>.

Connect, E. (2020) '19 . Pusat sumber daya COVID-19 diselenggarakan di Elsevier Connect , Elsevier dengan ini memberikan izin untuk melakukan semua penelitian terkait COVID-19 yang tersedia di pusat sumber daya COVID-19 - termasuk ini konten penelitian - segera tersedia di P'.

Decherchi, S. and Cavalli, A. (2020) 'Thermodynamics and Kinetics of Drug-Target Binding by Molecular Simulation', *Chemical Reviews*, 120(23), pp. 12788–12833. Available at: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c00534>.

Edache, E.I. *et al.* (2024) *Drug-like screening, molecular docking, molecular dynamics simulations, and binding free energies on the interaction of pyrazole derivatives as inhibitors of lysosomal storage disorders and anticancer activity*, *Discover Chemistry*. Springer Nature Singapore. Available at:

<https://doi.org/10.1007/s44371-024-00025-7>.

Errington, D. *et al.* (2025) ‘Assessing interaction recovery of predicted protein-ligand poses’, *Journal of Cheminformatics*, 17(1). Available at: <https://doi.org/10.1186/s13321-025-01011-6>.

Fachrul, M.R. and Prasanty, N. (2023) ‘Perbedaan Fungsi Kognitif Pada Peserta Rehabilitasi Berjenis Kelamin Laki-Laki Yang Menggunakan Metamfetamin Berdasarkan Lama Pemakaian Cognitive Function Differences in Male Sex Rehabilitation Participants Using Methamphetamine Based on the Time of Use’, *Ibnu Sina: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan - Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara*, 22(1), pp. 104–107.

Flemming, K. (2010) ‘The Use of Morphine to Treat Cancer-Related Pain: A Synthesis of Quantitative and Qualitative Research’, *Journal of Pain and Symptom Management*, 39(1), pp. 139–154. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2009.05.014>.

Griffin, C.E. *et al.* (2013) ‘Benzodiazepine pharmacology and central nervous system-mediated effects’, *Ochsner Journal*, 13(2), pp. 214–223.

Heal, D.J. *et al.* (2013) ‘Amphetamine, past and present - A pharmacological and clinical perspective’, *Journal of Psychopharmacology*, 27(6), pp. 479–496. Available at: <https://doi.org/10.1177/0269881113482532>.

Hendarwan, H. *et al.* (2020) ‘Assessing the COVID-19 diagnostic laboratory capacity in Indonesia in the early phase of the pandemic’, *WHO South-East Asia journal of public health*, 9(2), pp. 134–140. Available at: <https://doi.org/10.4103/2224-3151.294307>.

Heru Dwi Jatmiko, A.S.Q. (2016) ‘13080-26438-1-Sm (1)’, *Kedokteran Diponegoro*, 5(3), pp. 167–173.

Holliger, P. and Hudson, P.J. (2005) ‘Engineered antibody fragments and the rise of single domains’, *Nature Biotechnology*, 23(9), pp. 1126–1136. Available at: <https://doi.org/10.1038/nbt1142>.

Izraelson, M. *et al.* (2018) ‘Comparative analysis of murine T-cell receptor repertoires’, *Immunology*. Blackwell Publishing Ltd, pp. 133–144. Available at: <https://doi.org/10.1111/imm.12857>.

Keskin, O. *et al.* (2008) ‘Cr040409X.Pdf’, (301).

Koczula, K.M. and Gallotta, A. (2016) ‘Lateral flow assays’, *Essays in Biochemistry*, 60(1), pp. 111–120. Available at: <https://doi.org/10.1042/EBC20150012>.

Kumaeum, W. and Jaiyong, P. (2025) ‘Design and Computational Study of Sulfonamide-Modified Cannabinoids as Selective COX-2 Inhibitors Using

Semiempirical Quantum Mechanical Methods: Drug-like Properties and Binding Affinity Insights', *ACS Omega*, 10(13), pp. 13605–13620. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c00562>.

Kuroda, D. *et al.* (2012) 'Computer-aided antibody design', *Protein Engineering, Design and Selection*, 25(10), pp. 507–521. Available at: <https://doi.org/10.1093/protein/gzs024>.

Li, G. *et al.* (2020) 'Since January 2020 Elsevier has created a COVID-19 resource centre with free information in English and Mandarin on the novel coronavirus COVID- 19 . The COVID-19 resource centre is hosted on Elsevier Connect , the company ' s public news and information ' , (January).

Monnier, P.P., Vigouroux, R.J. and Tassew, N.G. (2013) 'In vivo applications of single chain Fv (variable domain) (scFv) fragments', *Antibodies*. MDPI, pp. 193–208. Available at: <https://doi.org/10.3390/antib2020193>.

Moreland, N.J. *et al.* (2012) 'Phage display approaches for the isolation of monoclonal antibodies against dengue virus envelope domain III from human and mouse derived libraries', *International Journal of Molecular Sciences*, 13(3), pp. 2618–2635. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms13032618>.

Muhammed, M.T. and Aki-Yalcin, E. (2022) 'Molecular Docking: Principles, Advances, and Its Applications in Drug Discovery', *Letters in Drug Design & Discovery*, 21(3), pp. 480–495. Available at: <https://doi.org/10.2174/1570180819666220922103109>.

Ningrum, S.W., Sutarni, S. and Gofir, A. dkk. (2019) 'Penyalahgunaan Narkotika, Psikotropika, dan Zat Adiktif Lain (NAPZA) sebagai Faktor Risiko Gangguan Kognitif pada Remaja Jalanan', *Berkala Neurosains*, 15(2), pp. 85–95.

Nivatya, H.K. *et al.* (2025) 'Assessing molecular docking tools : understanding drug discovery and design'.

Pathan, H. and Williams, J. (2012) 'Basic opioid pharmacology: an update', *British Journal of Pain*, 6(1), pp. 11–16. Available at: <https://doi.org/10.1177/2049463712438493>.

Pertwee, R.G. (2008) 'The diverse CB 1 and CB 2 receptor pharmacology of three plant cannabinoids: Δ 9-tetrahydrocannabinol, cannabidiol and Δ 9-tetrahydrocannabivarin', *British Journal of Pharmacology*, 153(2), pp. 199–215. Available at: <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0707442>.

Peterson, E.C. *et al.* (2013) 'Structural characterization of a therapeutic anti-methamphetamine antibody fragment: Oligomerization and binding of active metabolites', *PLoS ONE*, 8(12). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082690>.

Pingkan, W. *et al.* (2024) 'Article · December 2024', (December).

Pinzi, L. and Rastelli, G. (2019) 'Molecular docking: Shifting paradigms in drug discovery', *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms20184331>.

Priskila, M. and Febrina, E. (2023) 'Review: Single Chain Fragment Variable sebagai Pemandu Diagnosis dan Terapi Bertarget Human Epidermal Growth Factor Receptor 2 Kanker Payudara', *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 10(2), p. 155. Available at: <https://doi.org/10.25077/jsfk.10.2.155-161.2023>.

Ramelia Hudaya, I. *et al.* (2022) 'Review Artikel: Metode Validasi Analisis Metamfetamin dalam Sampel Biologis', *Jurnal Syntax Admiration*, 3(4), pp. 589–594. Available at: <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i4.419>.

Rodríguez-Nava, C. *et al.* (2023) 'Mechanisms of Action and Limitations of Monoclonal Antibodies and Single Chain Fragment Variable (scFv) in the Treatment of Cancer', *Biomedicines*, 11(6). Available at: <https://doi.org/10.3390/biomedicines11061610>.

Roque Bravo, R. *et al.* (2022) 'Cocaine: An Updated Overview on Chemistry, Detection, Biokinetics, and Pharmacotoxicological Aspects including Abuse Pattern', *Toxins*, 14(4), pp. 1–25. Available at: <https://doi.org/10.3390/toxins14040278>.

Schneider, H.J. (2025) 'Problematic Attributions of Entropic and Hydrophobic Effects in Drug Interactions', *ACS Bio and Med Chem Au*, 5(3), pp. 334–341. Available at: <https://doi.org/10.1021/acsbiomedchemau.4c00148>.

Shin, E.J. *et al.* (2017) 'Current understanding of methamphetamine-associated dopaminergic neurodegeneration and psychotoxic behaviors', *Archives of Pharmacol Research*, 40(4), pp. 403–428. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12272-017-0897-y>.

Singh, N. and Villoutreix, B.O. (2020) 'Demystifying the Molecular Basis of Pyrazoloquinolinones Recognition at the Extracellular $\alpha 1 + / \beta 3$ - Interface of the GABAA Receptor by Molecular Modeling', *Frontiers in Pharmacology*, 11(September), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.561834>.

Siswidiasari, A. *et al.* (2023) 'PENGARUH LAMA PENGGUNAAN NARKOTIKA DAN PSIKOTROPIKA TERHADAP', 12(2), pp. 232–242.

Squire, L.R. (2009) '基因的改变NIH Public Access', *Neuron*, 61(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2012.05.006>.Methamphetamine.

Taranova, N.A. *et al.* (2013) 'Integration of lateral flow and microarray technologies for multiplex immunoassay: Application to the determination of drugs of abuse', *Microchimica Acta*, 180(11–12), pp. 1165–1172. Available at:

<https://doi.org/10.1007/s00604-013-1043-2>.

Teerinen, T., Lappalainen, T. and Erho, T. (2014) ‘A paper-based lateral flow assay for morphine’, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 406(24), pp. 5955–5965. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00216-014-8001-7>.

Tumayhi, M. *et al.* (2023) ‘Amphetamine-Related Fatalities and Altered Brain Chemicals: A Preliminary Investigation Using the Comparative Toxicogenomic Database’, *Molecules*, 28(12). Available at: <https://doi.org/10.3390/molecules28124787>.

Uddin, M.S. *et al.* (2017) ‘Amphetamines: Potent Recreational Drug of Abuse’, *Journal of Addiction Research & Therapy*, 08(04). Available at: <https://doi.org/10.4172/2155-6105.1000330>.

Walsh, G. and Walsh, E. (2022) ‘Biopharmaceutical benchmarks 2022’, *Nature Biotechnology*, 40(12), pp. 1722–1760. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41587-022-01582-x>.

Wang, X. *et al.* (2022) ‘More is simpler: Decomposition of ligand-binding affinity for proteins being disordered’, *Protein Science*, 31(7), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1002/pro.4375>.

Wong, S.E. and Lightstone, F.C. (2011) ‘Accounting for water molecules in drug design’, *Expert Opinion on Drug Discovery*, 6(1), pp. 65–74. Available at: <https://doi.org/10.1517/17460441.2011.534452>.

Wu, N. *et al.* (2024) ‘Elucidation of protein-ligand interactions by multiple trajectory analysis methods’, *Physical Chemistry Chemical Physics*, 26(8), pp. 6903–6915. Available at: <https://doi.org/10.1039/d3cp03492e>.

Yang, Q. *et al.* (2011) ‘Quantum dot-based immunochromatography test strip for rapid, quantitative and sensitive detection of alpha fetoprotein’, *Biosensors and Bioelectronics*, 30(1), pp. 145–150. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2011.09.002>.

Zou, S. and Kumar, U. (2018) ‘Cannabinoid receptors and the endocannabinoid system: Signaling and function in the central nervous system’, *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijms19030833>.