

# Sistem Umpan Balik Menggunakan Trancutaneous Electrical Nerve Stimulation Untuk Telepresence Pada Robot Mobil

Daniel S Pamungkas

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461, email: daniel@polibatam.ac.id

**Abstrak** – Untuk sebuah proses *telepresence* dibutuhkan informasi yang datang dari robot. Umpan balik *haptic* dapat memberikan pengguna informasi dalam bentuk sensasi sentuhan atau gaya. Tetapi, menggunakan umpan balik *haptic* kadang complex, mahal dan aplikasinya tertentu. Paper ini memperkenalkan sebuah sistem telepresence menggunakan *Trancutaneous Electrical Nerve Stimulation* (TENS) sebagai umpan balik. Sistem ini dapat menyelesaikan masalah-masalah tersebut. Selain itu, sistem ini dapat memberikan pengguna sensasi yang bervariasi dan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. *Telepresence* pada sebuah robot mobil yang dilengkapi dengan sistem ini dapat membantu pengguna untuk menghindari objek penghalang juga melakukan tugas yang lain yaitu mengambil sebuah kaleng dan menaruhnya di tempat lain. Dapat disimpulkan dari hasil percobaan bahwa sistem ini memiliki potensi untuk digunakan pada sistem *telepresence*.

**Kata Kunci:** *Telepresence*, umpan balik *haptic*, TENS

**Abstract** - Tele-presence needed information from the remote robots. Haptic feedback can give the user information from the robot in the form tactile or force sensations. However, haptic feedback system can be complex, costly and application specific. This paper presents a new tele-presence haptic feedback system using Trancutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS). The proposed system can resolve those problems. Furthermore this system gives the user various tactile sensations and appropriate for other tasks. Telepresence mobile robot which equipped with electro-tactile feedback can assist the user to avoid obstacles and also another task, like pick a can and place it. This experiment results can verify the potential this feedback system

**Keywords:** tele-presence, haptic feedback, TENS

## 1. PENDAHULUAN

Untuk melakukan pekerjaan di tempat dimana manusia tidak dapat mengakses contohnya di angkasa luar, dasar laut atau tempat yang berbahaya penggunaan robot diperlukan. Untuk beberapa pekerjaan robot tidak bisa bekerja secara otomatis dan manusia perlu mengendalikan robot tersebut. Ini karena pekerjaan tersebut membutuhkan keahlian atau membutuhkan keputusan dari manusia. Untuk itu diperlukan suatu sistem *telepresence* atau *teleoperation*. *Telepresence* adalah suatu perpanjangan dari kemampuan manusia untuk merasakan, mengendalikan dan memberikan keputusan pada sebuah objek yang jauh. Telepresence membuat pengguna dapat berinteraksi dengan objek tersebut [1]. Salah satu objek yang dikendalikan adalah sebuah robot mobil.

Kendali jarak jauh dari sebuah robot mobil mempunyai banyak aplikasi karena kemampuannya yang dapat bermanuver di darat. Aplikasi dari *telepresence* sebuah robot mobil bervariasi diantaranya: menjinakan bom [2], misi ruang angkasa [3] dan misi penyelamatan di daerah berbahaya[4].

Untuk dapat mengoperasikan robot ini, pengguna membutuhkan informasi yang datang dari robot atau

dari lingkungan di sekitar robot. Banyak penelitian yang telah dilaksanakan menggunakan bentuk audio dan video sebagai umpan balik. Kamera dan atau microphones adalah peralatan yang paling umum digunakan untuk mendapatkan informasi tersebut [5],[6]. Namun, informasi dalam bentuk tersebut kadang tidak akurat [7]. Supaya pengguna “dapat menjadi sebagai robot” maka informasi dapat diperkaya dengan menggunakan indra perasa. Umpan balik Haptic dapat menambah informasi kepada pengguna, supaya pengguna dapat mengontrol robot lebih baik lagi.

Kata haptic berasal dari bahasa Yunani, “Haptesthai” yang berarti “yang berhubungan dengan indra perasa”[8]. Umpan balik ini dapat membuat pengguna “merasa” apa yang robot lakukan dan mengidentifikasi lingkungan sekitar robot dengan kulit, otot dan syarafnya. Umpan balik *haptic* memberikan pengguna informasi lebih dan membuat pengguna “berada” didalam robot sehingga dapat menambah kemampuan dalam mengerjakan tugasnya.

Beberapa peneliti menggunakan peralatan *haptic* yang ada dipasaran contohnya Phantom omni, dalam [9] tujuh sensor ultrasonic digunakan pada sebuah robot mobil untuk mendapatkan informasi mengenai sekeliling dari robot untuk menghindari halangan.

Phantom Omni menghasilkan gaya yang dirasakan oleh pengguna bila terdapat halangan di sekitar robot. Namun informasi yang didapat dari alat ini kadang sulit untuk dipahami oleh pengguna selain itu, harga dari alat ini sangatlah mahal.

Beberapa peneliti lain mencoba membuat alat antarmuka *haptic* untuk robot mobil untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Dalam [10], peneliti mengembangkan sebuah sistem umpan balik menggunakan motor dc yang diletakan disebuah pegangan *joystick* untuk menghasilkan umpan balik tekanan yang sebanding dengan kondisi jalan dan kecepatan dari robot. Sedangkan peneliti yang lain menggunakan motor vibrasi yang diletakan pada sebuah *joystick*. [11]. Besar dari vibrasi dari motor tergantung dari kombinasi jarak antara robot dan halangan dan kecepatan robot.

Meskipun umpan balik *haptic* dalam bentuk tekanan atau getaran dapat dibuat sangat sederhana tetapi sulit untuk membuat alat tersebut dan hanya digunakan untuk aplikasi yang sangat spesifik.

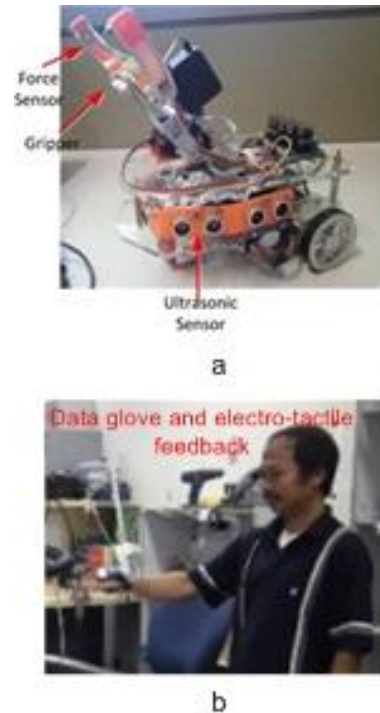
Sistem *telepresence* dengan menggunakan sinyal elektrik sebagai umpan balik. *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (TENS) digunakan sebagai elektroda yang dapat ditempelkan pada kulit pengguna menjadikan sistem ini sangat sederhana. Selain itu juga sistem ini lebih murah dan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi.

Alat ini dapat meneruskan informasi melalui kulit dan dirasa oleh sistem syaraf dari pengguna. Informasi ini bisa dimodulasi dalam bentuk intensitas atau frekwensi dari arus listrik. Umpan balik ini dapat memberikan informasi dari berbagai jenis sensor yang dipasang pada robot. Pengguna dapat merasakan umpan balik dengan jangkauan luas dan tanpa efek “mati rasa” pada kulit [12], [13].

Paper ini menguraikan beberapa penelitian mengenai *telepresence* menggunakan umpan balik *haptic* pada robot mobil yang dibahas dibagian satu. Bagian dua dari tulisan ini akan memberikan gambaran mengenai implementasi dari sistem ini. Sedang penyusunan percobaan akan digambarkan pada bagian tiga. Selanjutny hasil dari percobaan dijabarkan pada bagian empat dan bagian terakhir berisi kesimpulan dan pengembangan dimasa datang dari sistem ini.

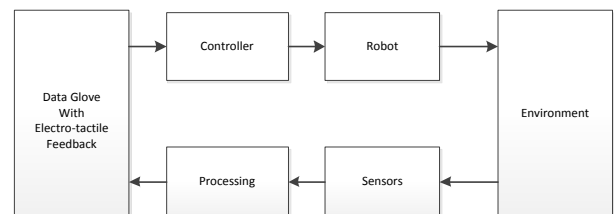
## 2. PENGENDALIAN ROBOT DENGAN TENS SEBAGAI UMPAN BALIK

Sebuah mobil robot yang dilengkapi dengan beberapa sensor jarak digunakan untuk membuktikan keefektifan dari sistem ini dapat dilihat dari gambar 1(a). Sebuah *data glove* digunakan untuk mengontrol robot mobil dan informasi dari sensor akan diteruskan pada pengguna melalui TENS ditempelkan pada bagian belakang dari sarung tangan tersebut seperti yang ditunjukkan pada gambar 1(b). Pengguna juga melihat pergerakan robot menggunakan layar monitor..



Gambar 1.a.Robot mobil b.Pengguna menggunakan data glove dan sistem umpan balik

Diagram blok dari sistem *telepresence* menggunakan TENS sebagai umpan balik dilukiskan dalam gambar 2. *Data glove* digunakan untuk mengontrol robot, sensor yang dipasang pada robot digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai lingkungan di sekitar robot. Informasi ini kemudian diproses dan dikirim pada pengguna dalam bentuk pulsa-pulsa elektrik dengan intensitas tergantung dari data yang datang dari sensor.



Gambar 2. Diagram Blok dari Sistem.

Detail implementasi dari sistem ini, robot, dan data glove akan diberikan pada bagian selanjutnya.

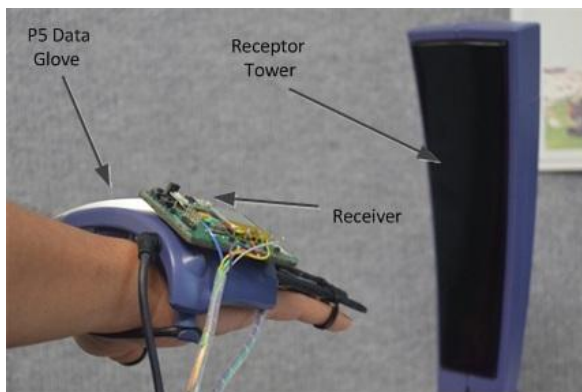
### 2.1. Robot

Ukuran dari robot adalah 20cm x 13 cm x 20 cm (p x l x t) dan mempunyai pengerak dua roda digunakan untuk percobaan. Robot ini menggunakan prosesor arduino mega 2560, dan menggunakan xbee untuk berhubungan dengan computer pengendali secara nirkabel. Robot ini juga dilengkapi dengan penjepit yang dapat digunakan untuk mengangkat dan menaruh sebuah kaleng minuman ringan.

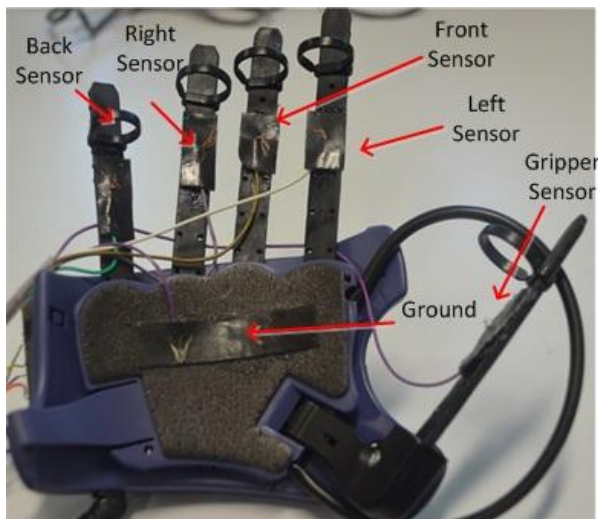
Untuk memonitor lingkungan sekitar robot 5 buah sensor ultrasonic SRF05 ditempatkan didalam robot. Untuk mengetahui apakah ada benda didalam jepitan robot, maka sebuah limit switch dipasang di penjepit.

## 2.2. Data Glove

Untuk mengontrol robot sebuah P5 Virtual Reality Glove digunakan, seperti tergambar pada gambar 3 dan 4. *Glove* ini dapat memberikan posisi koordinat x, y, z dan orientasi roll, pitch dan yaw dari *glove*. Selain itu juga, alat ini dapat memberikan informasi dari kelima jari dan juga tombol-tombol yang ada dibagian dari *glove* ini. Untuk membaca posisi dari *glove* maka *glove* harus ditempatkan di depan dari penerima seperti pada gambar 3. Sebuah penerima sinyal umpan balik yang memiliki lima channel dilekatkan pada *glove*. Setiap output dari penerima tersebut dipasang TENS seperti digambarkan pada gambar 4.



Gambar 3. Data Glove dengan unit umpan balik dan penerima.



Gambar 4. TENS elektroda terpasang pada data glove.

Untuk mengontrol pergerakan robot mobil maka digunakan gerakan dari tangan pengguna. Untuk mengatur gerakan maju dan mundur dari robot, pitch dari *glove* digunakan. Sedang untuk berbelok kiri/kanan, roll dipakai untuk mengontrolnya. Sedangkan gerakan jari dipakai untuk menaikan dan menurunkan beserta menutup dan membuka jepitan. Gerakan ini digunakan supaya pengguna dapat mengontrol robot secara mudah.

## 2.3. Sistem Umpan Balik

Sebuah lima channel nirkabel sistem digunakan untuk mengirimkan informasi dari sensor pada pengguna

seperti terlihat pada gambar 5. Sistem ini terdiri dari sebuah USB pemancar yang terlihat pada gambar 5.a dan sebuah unit penerima, yang menerima data secara nirkabel serta mengubah informasi menjadi pulsa-pulsa elektrik seperti pada gambar 5.b yang kemudian dikirim pada TENS yang menghasilkan stimulus pada kulit pengguna.



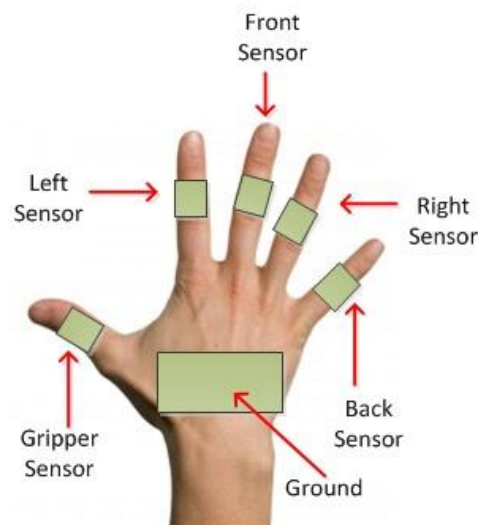
a



b

Gambar 5 a. Pengirim b.Penerima

TENS dilekatkan pada data glove sehingga pengguna dapat merasakan stimulus pada jarinya. Seperti pada gambar 6. Sedangkan *ground* terhubung dengan bagian tengah dari tangan pengguna.



Gambar 6. Posisi dari TENS

Stimulus umpan balik dikirimkan dengan frekwensi yang diatur pada 20Hz. Sedangkan, amplitude dari pulsa diset pada jangkauan 40V to 80V tergantung dari kenyamanan dari pengguna. Sedang untuk mengontrol intensitas, lebar pulsa dari sinyal diatur antara 10 sampai dengan 100 $\mu$ s, tergantung informasi dari sensor robot.

### 3. PERCOBAAN

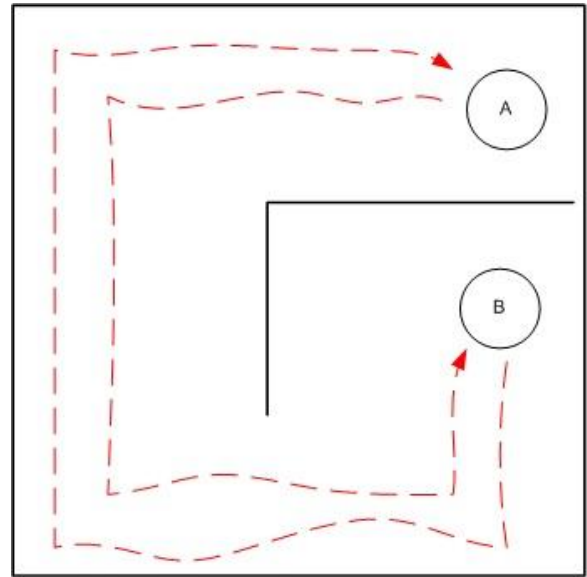
Bagian ini dikhususkan untuk mendemonstrasikan keefektifan dari sistem ini menggunakan TENS sebagai umpan balik. Experiment ini menggunakan robot mobil yang di lengkapi oleh sensor sensor dan telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Percobaan ini untuk mengendalikan robot untuk memindahkan kaleng dan menghindari halangan.

Pada percobaan ini *data glove* digunakan untuk mengendalikan robot selagi pengguna memonitor robot dari layar dan pada saat yang bersamaan merasakan lingkungan di sekitar robot dari sinyal yang dikirimkan oleh TENS pada kulit pengguna. Intensitas dari TENS tergantung dari pembacaan sensor pada robot, yang menandakan jarak dari objek dari sensor tersebut.

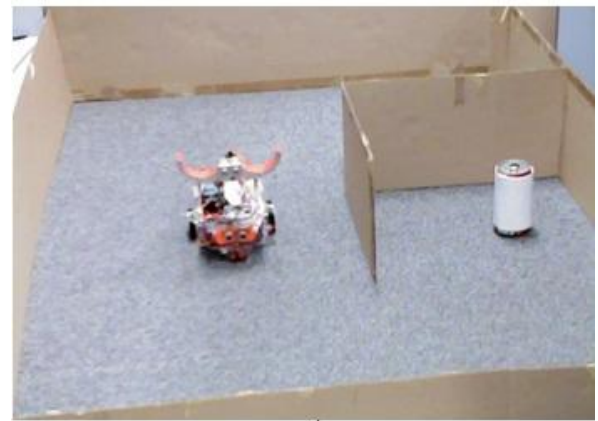
Gambar 7(a) dan 7(b) melukiskan lingkungan dari robot pada percobaan untuk menguji kemampuan dari sistem ini. Posisi A adalah posisi awal dari robot, robot akan mengambil kaleng yang berada di lokasi B kemudian menaruhnya kembali ke posisi awal.

Untuk membuktikan kemampuan dari sistem umpan balik ini, lima pengguna diminta untuk melakukan percobaan ini. Semuanya tidak memiliki pengalaman mengenai robot. Sebelum mengendalikan robot, pengguna dipasang TENS untuk mengatur tingkat intensitas dari sinyal listrik dan merasakan sensasi berdasarkan jarak robot dengan objek didepannya. Pengguna akan merasakan sensasi paling kuat pada jarak minimum (3 cm) dan akan berkurang seiring makin jauhnya objek tersebut. Sedang untuk penjepit, akan bernilai nol bila tidak ada objek yang dijepit, dan akan bernilai maksimum jika ada objek dalam penjepit. Masing-masing pengguna diberikan waktu 10 menit untuk belajar mengendalikan robot baik dengan atau tanpa TENS.

Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akan dibandingkan dengan dan tanpa umpan balik TENS.



a



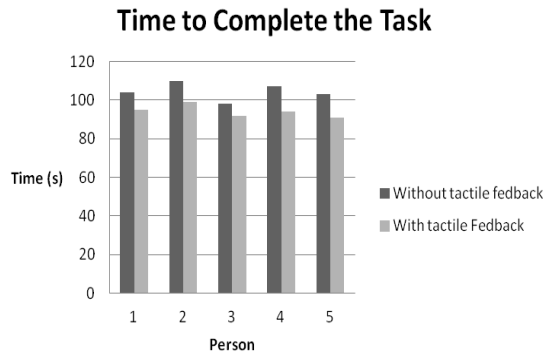
b

Gambar 7. Pengaturan lokasi percobaan

### 4. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dari percobaan terlihat di gambar 8. Pengguna menyelesaikan tugas lebih cepat menggunakan visual yang ditambah dengan umpan balik menggunakan TENS, dibandingkan hanya menggunakan umpan balik visual. Jumlah dari kesalahan yang dibuat pengguna juga berkurang. Hal itu terlihat dari tabel 1.

Dari hasil ini memperlihatkan bahwa umpan balik yang menggunakan TENS memberi pengguna informasi tambahan mengenai lingkungan sekitar robot. Selain itu, sistem ini dapat memberi informasi mengenai adanya halangan dan dapat "merasakan" jarak dari halangan tersebut, sehingga pengguna dapat mengendalikan robot lebih baik. Sebelum menggunakan umpan balik ini, pengguna memiliki kesulitan untuk memperkirakan jarak dari objek.



Gambar. 8 Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas

Tabel 1. Hasil kesalahan percobaan

Person	Number of Bumping	
	Visual	Visual+ tactile
1	0	0
2	0	0
3	2	1
4	1	1
5	0	0

Umpan balik ini lebih sederhana dibandingkan umpan balik *haptic* yang lain. Selain itu juga sistem ini lebih murah dan mudah digunakan. Sistem ini membuat pengguna dapat “immerse” (menyatu) dengan robot, karena pengguna dapat merasakan apa yang robot rasakan sehingga dapat mengontrolnya dengan mudah.

## 5. KESIMPULAN

Pada paper ini *telepresence* sebuah robot mobil menggunakan *data glove* untuk mengontrol dan menggunakan umpan balik TENS yang inovatif ditampilkan. Besarnya sinyal umpan balik sesuai dengan hasil pengukuran dari sensor jarak dan sensor limit yang terpasang pada robot. TENS terpasang pada bagian belakang dari *glove*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem ini membantu pengguna untuk mengambil dan menempatkan kaleng pada lingkungan yang tertutup.

Peralatan ini mempunyai potensi pada kendali *immersive* di bidang robotika. Dimasa akan datang, kita akan menguji sistem ini pada robot yang lain dengan tugas yang lebih rumit. Selain itu juga kita akan mengali kemungkinan pengembangan lebih lanjut untuk mengontrol dan untuk merasakan robot.

## DAFTAR REFERENSI

1. Sheridan, T.B., Telerobotics. Automatica, 1989. 25(4): p. 487-507.
2. Kron, A., et al. Disposal of explosive ordnances by use of a bimanual haptic telepresence system. in Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04. 2004 IEEE International Conference on. 2004.
3. Sheridan, T.B., Space teleoperation through time delay: review and prognosis. Robotics and Automation, IEEE Transactions on, 1993. 9(5): p. 592-606.
4. S. Hirche, B.S., and M. Buss, Transparent exploration of remote environments by internet telepresence. Proc. Int. Workshop High-Fidelity Telepresence Teleaction/IEEE Conf/ HUMANOIDS, 2003.
5. Zhang, H. and J.P. Ostrowski, Visual motion planning for mobile robots. Robotics and Automation, IEEE Transactions on, 2002. 18(2): p. 199-208.
6. Kai-Tai, S. and T. Wen-Hui, Environment perception for a mobile robot using double ultrasonic sensors and a CCD camera. Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 1996. 43(3): p. 372-379.
7. Klein, R.M., Attention and visual dominance: A chronometric analysis. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1977. 3: p. 365-378.
8. El, S., The Potential of Haptics Technologies. Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE, 2007. 10(1): p. 10-17.
9. Nadrag, P., et al. Remote control of an assistive robot using force feedback. in Advanced Robotics (ICAR), 2011 15th International Conference on. 2011.
10. Ba-Hai, N. and R. Jee-Hwan. Design of a master device for the teleoperation of wheeled and tracked vehicles. in Control Automation and Systems (ICCAS), 2010 International Conference on. 2010.
11. DongHyuk, L., et al. Accurate velocity control based on the distance of a mobile robot and obstacle using a haptic joystick. in Control, Automation and Systems (ICCAS), 2012 12th International Conference on. 2012.
12. Peruzzini, M., Electro-Tactile Device for Texture Simulation. IEEE/ASME International Conference on Mechatronics and Embedded Systems and Applications (MESA), 2012: p. 178-183.
13. S. Meers, a.K.W., A Vision System for Providing 3D Perception of the Environment via Transcutaneous Electro-Neural Stimulation. Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Information Visualisation, 2004: p. 546-552.