

Visualisasi Bentuk Ruang dari Gambar Denah dan Dinding

Kartika Gunadi, UK Petra, Siwalankerto 121 Surabaya, kgunadi@petra.ac.id

Liliana, UK Petra, Siwalankerto 121 Surabaya, lilian@petra.ac.id

Anthony Wibisono, UK Petra, Siwalankerto 121 Surabaya

Abstract—Merencanakan sebuah ruangan umumnya disajikan dalam bentuk denah dan tampak dinding setiap ruangan. Namun pada umumnya pengguna mengalami kesulitan membayangkan visual ruangan secara tiga dimensi.

Untuk mengatasi hal ini, dibuatlah sebuah aplikasi yang dapat memberi visualisasi 360° terhadap suatu ruangan sehingga pengguna dapat melihat isi ruangan, serta menandai bagian penting ruang seperti arah, sudut dan pintu yang ada dalam ruangan, visualisasi ruangan dilakukan dengan proses 360° Panorama Stitching.

Hasil pengujian, telah didapatkan contoh panorama dari ruangan dalam rumah yang sudah berbentuk 360° dan denah yang dihasilkan berdasarkan data arah, sudut, dan pintu pada tiap ruangan. Visualisasi yang dihasilkan dapat membuat pengguna menyadari susunan suatu ruangan sehingga memberikan visualisasi ruangan.

Keywords—Panorama 360, visualisasi, rekonstruksi ruang

1. PENDAHULUAN

Pengguna secara umum mengalami kesulitan dalam membayangkan bentuk suatu ruang. Untuk mendapatkan inspirasi dan referensi, biasanya pengguna mencoba untuk melihat susunan ruangan yang sudah ada, dengan melihat dari dalam ruangan secara langsung.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah visualisasi ruangan, berdasarkan gambar-gambar dinding yang mewakili seluruh isi ruangan. Pada penelitian ini dibuat aplikasi yang dapat merekonstruksi setiap ruangan, dengan cara mengambil foto-foto yang dapat mewakili seluruh isi ruangan, lalu aplikasi akan memproses foto-foto tersebut menjadi visualisasi ruangan.

Berdasarkan hasil visualisasi yang dihasilkan aplikasi, akan diuji apakah memberikan persepsi yang sama bila dibandingkan dengan melihat langsung ke dalam ruang.

Beberapa riset yang telah dilakukan mengenai hal serupa adalah riset *Capturing Indoor Scenes with Smartphones* [1], namun dalam membuat visualisasi ruangan, digunakan video untuk menampilkan seisi ruangan secara 360°. Pemrosesan video dapat berbeda –

beda antar pengguna karena tidak adanya patokan mengenai kecepatan pengambilan video. Pengambilan video yang terlalu cepat atau terlalu lambat dapat mempengaruhi kejelasan visualisasi serta derajat yang akan digunakan untuk menandai *north*, *corner*, dan *door*. Oleh karena itu, agar hasil visualisasi ruang sama antar pengguna dan terlihat jelas, dibutuhkan proses *Panorama Stitching 360°* dengan derajat pengambilan yang sudah ditentukan.

2. METODE PENELITIAN

Panorama Stitching merupakan suatu proses untuk menyatukan beberapa gambar yang saling berelasi menjadi sebuah representasi luas suatu pemandangan atau penampakan dalam bentuk satu kesatuan gambar yang utuh. Terdapat berbagai jenis *panorama stitching*, diantaranya: *panorama linear*, *panorama cylindrical* (silinder), *panorama spherical* (bola), dan lain – lain.

Dalam penelitian ini pengguna melihat sekeliling ruangan sebagai visualisasi ruangan tersebut, sehingga dibutuhkan jenis panorama yang dapat merepresentasikan 360° isi ruangan, yakni panorama *cylindrical*.

2.1 *Cylindrical Projection*

Cylindrical Projection merupakan proses untuk memproyeksikan suatu gambar pada bidang silinder [2]. Setiap gambar diproyeksikan pada bidang silinder menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$x' = f \tan^{-1} \left(\frac{x}{f} \right) \quad (1)$$

$$y' = f \left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + f^2}} \right) \quad (2)$$

Dimana f merupakan *focal length* dari suatu kamera,

2.2 *Scale Invariant Feature Transform (SIFT)*

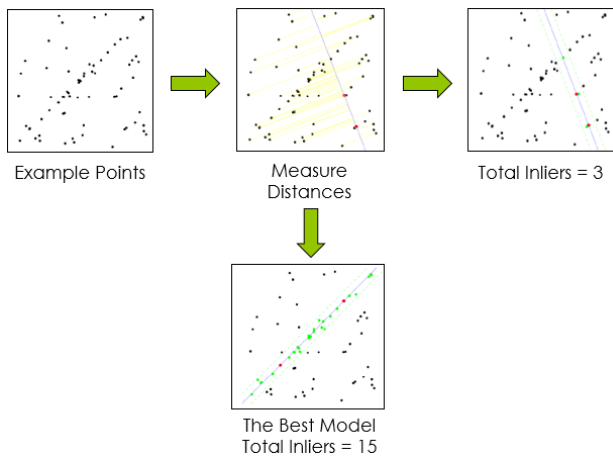
SIFT algoritma digunakan untuk menentukan *feature* dari suatu gambar yang tidak terpengaruh oleh adanya rotasi, *scaling*, maupun cahaya yang bervariasi. Algoritma ini terdiri dari sub-algoritma sebagai berikut: Membuat *Scale Space*, Menghitung *Difference of Gaussian*, Mencari *Keypoints*, Menghilangkan *Bad Keypoints*, Memberi Orientasi pada *Keypoints*, *Generate SIFT Features*

2.3. Feature Matching

Proses ini dilakukan dengan cara membandingkan setiap *feature vector* hasil dari SIFT dari masing-masing *keypoints* [3]. Iterasi dijalankan pada setiap *keypoint* pada gambar pertama, lalu pada setiap iterasi *feature vector* gambar pertama akan dibandingkan dengan *feature vector* di masing-masing *keypoint* gambar kedua. Apabila kedua gambar memiliki kesamaan atau mempunyai relasi, maka perbandingan *feature vector* dapat menemukan pasangan dari suatu *keypoint*.

2.4. Random Sample Consensus (RANSAC)

Merupakan metode yang digunakan untuk menghilangkan *outliers* dari banyak data yang ada [3] dan menghitung *Homography Matrix* antar kedua gambar, disajikan dalam Gambar 1. *Outliers* adalah data yang posisi atau nilainya menyimpang di antara kebanyakan data yang ada.



Gambar 1. Contoh Menghilangkan Outliers dan Menghitung Inliers (kanan: inliers tidak maksimal, bawah: inliers paling maksimal)

Homography Matrix adalah sebuah *matrix* untuk mentransformasi sebuah gambar dengan cara menyesuaikan dengan *keypoints* gambar lain [4]. Dengan mengalikan gambar dengan *Homography Matrix*, gambar akan mengalami transformasi geometri seperti translasi, rotasi, *scaling*, *skew*, *shear*. Karena koordinat antar kedua gambar yang akan disatukan homogen, maka relasi antar 2 buah titik pada kedua gambar dapat dituliskan pada Persamaan 3:

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Dimana $(u \ v \ 1)^T$ merupakan x' , $(x \ y \ 1)^T$ merupakan x dan H merupakan *Homography Matrix*

$$\text{yang berupa } \begin{pmatrix} h1 & h2 & h3 \\ h4 & h5 & h6 \\ h7 & h8 & h9 \end{pmatrix}$$

Homography Matrix inilah yang nantinya akan digunakan untuk menyatukan (*stitch*) kedua gambar yang saling berhubungan.

2.5. Image Blending

Untuk menghilangkan *seams* dilakukan *Image Blending* agar hasil gambar terlihat lebih menyatu dan natural [5]. Terdapat beberapa jenis *Image Blending*, yaitu: *Linear Blending*, *Multi-band Blending*, *Laplacian of Gaussian Pyramid Blending*, dan lain – lain.

Dalam penelitian ini, digunakan *Linear Blending* karena perbedaan cahaya yang ada tidak terlalu banyak, yang disebabkan oleh pengambilan gambar dilakukan pada waktu yang kurang lebih sama. Berikut ini adalah Persamaan 4 untuk melakukan *Linear Blending*:

$$g(x) = (1 - \alpha)f_0(x) + \alpha f_1(x) \quad (4)$$

Dimana $g(x)$ merupakan hasil akhir dari penggabungan kedua gambar, α merupakan *alpha* yang digunakan untuk mengatur transparansi, $f_0(x)$ dan $f_1(x)$ merupakan gambar pertama dan gambar kedua.

2.6. Cropping

Agar hasil akhir *stitching* dapat mewakili seluruh isi ruangan, *panorama* yang dibentuk harus sebesar 360° . Oleh karena itu, setelah semua gambar telah disatukan, gambar pertama akan ditambahkan pada akhir hasil gambar tersebut. Lalu *output* gambar akhir akan di-*crop* berdasarkan setengah dari gambar pertama.

2.7. Rekonstruksi Ruang

Untuk membuat denah dari suatu rumah, rekonstruksi dilakukan untuk setiap ruangan dalam rumah. Pembuatan rekonstruksi ruangan dilakukan dengan memanfaatkan posisi *room corner* dan pintuyang telah ditandai sebelumnya oleh pengguna [1]. Algoritma rekonstruksi ruangan dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Algoritma Rekonstruksi Ruang[1]

Algorithm 1 Calculating optimal wall configuration

```

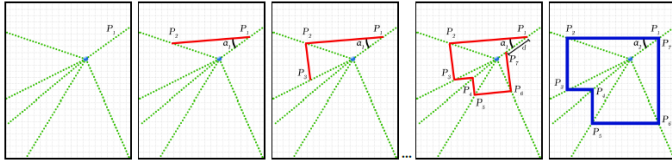
1:  $P_0 = \text{Origin}$ 
2:  $P_1 = \text{Unit distance from } P_0 \text{ along the first ray}$ 
3:  $N = \text{Number of corners}$ 
4:  $\text{minDistance} = \text{MAX\_FLOAT}$ 
5: for  $\alpha = 0 \rightarrow 360$  step  $0.5$  do
6:   for  $i = 2 \rightarrow N$  do
7:      $\theta_i = \text{direction of } i^{\text{th}} \text{ corner}$  ▷ from (2)
8:      $P_i \leftarrow \text{intersect}(P_{i-1}, \alpha + (i-1) \times 90, P_0, \theta_i)$ 
9:   end for
10:   $\text{distance} = \text{getDistance}(P_1, P_N)$ 
11:  if  $\text{distance} < \text{minDistance}$  then
12:     $\text{minDistance} \leftarrow \text{distance}$ 
13:     $\text{minAngle} \leftarrow \text{angle}$ 
14:  end if
15: end for
16: Return  $\text{minAngle}$ 

```

Dimana P_1 adalah jarak sembarang yang digunakan untuk mengukur jarak dari titik tengah menuju *room corner* yang pertama dan θ_i adalah sudut dari suatu *room corner* yang relatif terhadap arah mata angin utara. Nilai θ_i untuk masing-masing *room corner* didapatkan dengan mengikuti Persamaan 5:

$$\theta_{marker} = \theta_t^G + dpx \times (P_{marker} - \frac{W_{img}}{2}) \quad (5)$$

Dimana θ_t^G adalah derajat *heading* sekarang relative terhadap mata angin utara, dpx adalah *degrees per pixel*,



P_{marker} adalah posisi *room corner* yang ditandai, dan W_{img} adalah lebar *image* yang ditampilkan.

Gambar 3 Ilustrasi Rekonstruksi Ruangan[1]

2.8 Emgu CV

Emgu CV merupakan *wrapper* dari *library OpenCV* yang berbasis bahasa pemrograman C#. Dalam penelitian ini terdapat berbagai macam fungsi dan tipe variabel bawaan dari *Emgu CV* yang digunakan untuk melakukan *image processing* dalam proses 360° *Panorama Stitching*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini aplikasi dibuat dengan mengacu pada *panorama*[6], *Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features*, yang terdiri dari 3 (tiga) langkah sebagai-berikut:

Mengekstrak *SIFT features*, mencocokkan masing-masing *features* antar gambar dan menghitung *homography matrix*.

Modifikasi dilakukan dengan penambahan langkah sebelum langkah pertama, yaitu *cylindrical projection* sesuai dengan *paper Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps*[2]. Hal ini dilakukan untuk dapat membuat *panorama* berbentuk 360° .

Penambahan langkah awal, terdapat beberapa penambahan pada akhir proses ke 3, yaitu *image blending* sesuai dengan *paper A Multiresolution Spline with Application to Image Mosaics* [5] dan *cropping*. *Image blending* dilakukan untuk menghilangkan *obvious seams* agar hasil gambar terlihat menyatu.

Proses terakhir yang ditambahkan adalah *cropping*, proses ini dilakukan agar hasil gambar dapat dilihat berputar 360° .

Pengujian dilakukan dengan berbagai aspek untuk dapat dilakukan pengujian ulang, sehingga didapat hasil dari berbagai algoritma, dan berbagai aspek yang mungkin dapat dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Pengujian pembentukan *Panorama* disajikan dalam Tabel 1, secara umum *panorama* berhasil dibentuk dan terlihat melingkar, terdapat beberapa *ghosting* akibat distorsi saat dilakukan *cylindrical projection*, *obvious seams* dan pemaksaan *stitching* karena kurang *features* untuk proses *feature matching*.

Tabel 1. Pengujian Pembentukan *Panorama*

Ruangan	Panorama
Ruang Keluarga	
Ruang Tidur 1	
Ruang Tidur 2	

Pengujian terhadap berbagai Sudut Pengambilan Pengambilan gambar dilakukan dalam 3 sudut: 15° , 30° , dan 45° . Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 2, pada sudut pengambilan 45° menghasilkan *panorama* yang tidak sesuai dengan harapan dengan adanya banyak *ghosting*.

Pengujian Terhadap Berbagai Resolusi Gambar Pengujian terhadap resolusi gambar dilakukan untuk mengetahui resolusi gambar yang paling optimal dan memberikan hasil terbaik pada *output panorama*. Perbedaan perbedaan resolusi mempengaruhi 2 hal, yaitu kualitas *panorama* dan waktu *stitching*, disajikan dalam Tabel 3.


Pengujian Terhadap Rekonstruksi Ruang dengan Bentuk Ruang Beraturan

Pengujian bentuk ruang beraturan dilakukan pada ruang – ruang yang hanya berbentuk persegi atau persegi panjang. Rekonstruksi ruang dilakukan dengan memanfaatkan *corner* (biru) dan *door* (merah) yang telah ditandai *pengguna*. Setiap selesai merekonstruksi suatu ruangan, sistem akan secara langsung merotasi setiap ruangan agar tegak lurus sesuai dengan horizontal dan vertikalnya, disajikan dalam Tabel 4.



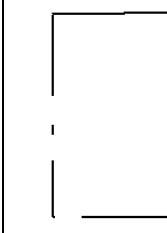
Tabel 2 *Ghosting* yang Muncul dari Pengujian Berbagai Sudut Pengambilan

Ruang Keluarga	
15°	
30°	
45°	

Tabel 3 *Ghosting* yang Muncul dari Pengujian Berbagai Resolusi Gambar

Ruang Keluarga	
640x480	
800x600	
1024x768	


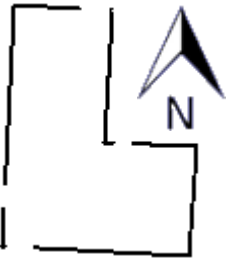
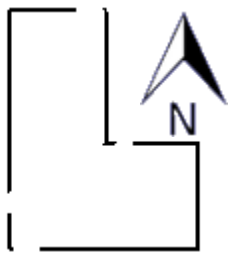
Tabel 4 Hasil Pengujian Rekonstruksi Ruang dengan Bentuk Ruang Beraturan

Ruang Keluarga		
<i>Panorama</i>		
Rekonstruksi	Sebelum rotasi	Sesudah rotasi
		

Pengujian Terhadap Rekonstruksi Ruang dengan Bentuk Ruang Tak Beraturan

Pengujian dengan bentuk ruang tak beraturan dilakukan kepada ruangan-ruangan yang tidak hanya berbentuk persegi atau persegi panjang tunggal saja, akan tetapi ruangan yang merupakan gabungan dari banyak persegi dan persegi panjang. contoh dari ruangan dengan bentuk ruang L disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 3. Hasil Pengujian Rekonstruksi Ruang dengan Bentuk Ruang L

Bentuk Ruang L		
Panorama		
Denah	Sebelum rotasi	Sesudah rotasi
		


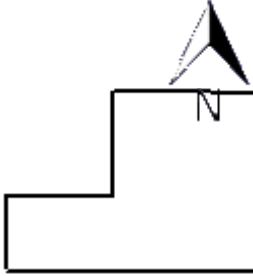

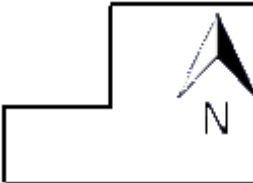

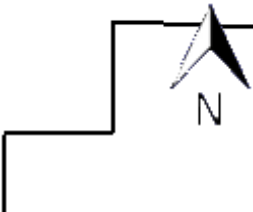
Pengujian Terhadap Rekonstruksi Ruang dengan Perubahan Posisi North Point

Sebelum dapat menandai *corner* maupun *door*, pengguna harus menandai posisi arah mata angin utara terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan data *corner* dan *door* yang disimpan adalah berupa besarnya sudut dari *corner* atau *door* tersebut terhadap arah mata angin utara yang telah di-input oleh pengguna. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah perubahan posisi *north point* berpengaruh terhadap hasil rekonstruksi ruangan, disajikan dalam Tabel 6.

Pengujian Terhadap Hasil Denah dengan Perbandingan Denah Asli

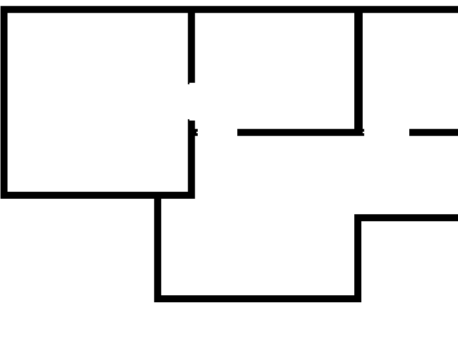
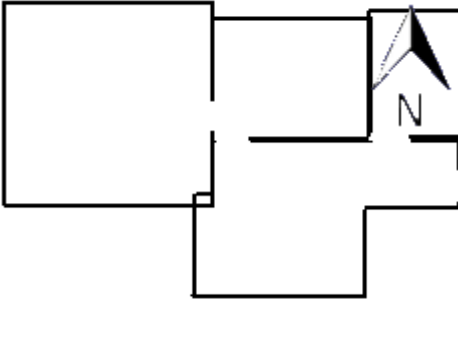
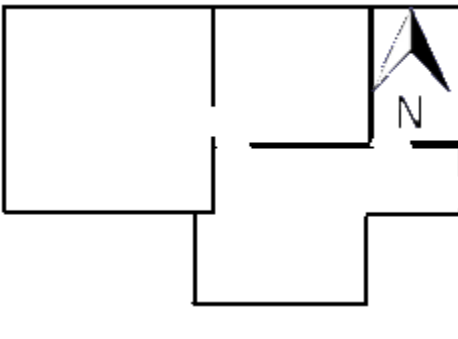
Setelah setiap ruangan telah direkonstruksi, penyatuan antar ruang dapat dilakukan dengan melakukan transformasi 2 dimensi sederhana terhadap hasil rekonstruksi ruangan sehingga denah keseluruhan dapat dihasilkan. Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai perbandingan hasil denah dengan denah asli. Perbandingan yang akan dilakukan adalah membandingkan keakuratan hasil denah awal dan hasil denah yang sudah diperbaiki pengguna dengan denah asli.

Tabel 6. Hasil Pengujian Rekonstruksi Ruang dengan Perubahan Posisi *North Point*

Uji Coba 1	
Panorama	
Posisi north point	Hasil rekonstruksi
	
	
	

Tabel 7. Hasil Pengujian Perbandingan Denah Sistem dengan Denah Asli

Uji Coba 1

Denah asli	
Denah yang di-generate sistem	
Denah setelah koreksi pengguna	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Pembentukan *panorama* tergantung banyak *features*, untuk proses *feature matching*. Kekurangan *features* mengakibatkan proses *stitch* dilakukan secara paksa berdasarkan rata-rata pergeseran iterasi sebelumnya pada daerah yang kekurangan *keypoints*, dan hasil *panorama* dapat mengalami kesalahan.
- Bentuk ruangan yang benar pada proses rekonstruksi ruangan didapatkan ketika pengguna menandai semua *corner* dan posisi *north point* dengan tepat.
- Bentuk ruang yang dapat dibentuk menggunakan Algoritma rekonstruksi ruangan hanya bentuk ruang yang semua sudutnya siku-siku. Hal ini juga berlaku untuk bentuk ruang yang merupakan gabungan dari persegi dan persegi panjang, seperti bentuk ruang L, T, dan H. Bentuk ruang yang bukan merupakan gabungan dari persegi dan persegi panjang, seperti

segi 5, segi 6, dan lain-lain akan mengalami kegagalan rekonstruksi ruangan.

- Peran pintu dalam pembentukan denah keseluruhan sangat penting. Hal ini disebabkan konstanta *scaling* yang digunakan untuk mendapatkan proporsi suatu ruangan dibandingkan ruangan lainnya didapatkan dengan melakukan perbandingan ukuran pintu antara *child room* dan *parent room*. Kesalahan ukuran atau letak pintu di suatu ruangan akan berakibat pada ukuran ruangan lain secara berantai, terutama jika ruangan tersebut merupakan *parent room* dari banyak ruangan lainnya.
- Banyak faktor yang dapat menyebabkan kesalahan dalam pembuatan denah, diantaranya adalah kesalahan peletakan *corner* atau *door* baik karena *ghosting* atau tidak terlihat, posisi pengambilan gambar yang tidak di tengah ruangan, dan terdapat posisi *north point* yang kurang tepat. Namun secara umum, masalah yang paling sering dihadapi ketika terjadi kesalahan pembentukan denah adalah peletakan *corner* atau *door* yang tidak sesuai dengan kondisi asli.

5. SARAN

Adapun beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai saran dalam proses pengembangan selanjutnya, antara lain:

- Menambahkan komponen tangga sehingga pembentukan denah dapat dilakukan pada rumah yang berlantai lebih dari 1.
- Mengembangkan proses *panorama stitching* sehingga *ghosting* yang muncul dapat berkurang.
- Menggunakan algoritma lain untuk melakukan rekonstruksi ruangan sehingga bentuk ruang yang dapat dibentuk tidak hanya bentuk ruang yang semua sudutnya 90°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sankar, A. & M. Seitz, S. (2012, October). *Capturing Indoor Scenes with Smartphones*. Paper presented at UIST '12 Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology, New York, USA.
- [2] Szeliski, R. & Shum, H. Y. (1997, August). *Creating Full View Panoramic Image Mosaics and Environment Maps*. Paper presented at Computer Graphics (SIGGRAPH'97 Proceedings), New York, USA.
- [3] Brown, M. & Lowe, D. G. (2007, August). *Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features*. International Journal of Computer Vision, vol. 74, pp. 59-73.
- [4] Elan, D. (2009, March). *Homography Estimation*. Vancouver: The University of British Columbia.
- [5] Burt, P. J. & Adelson, E. H. (1983, October). *A Multiresolution Spline with Application to Image Mosaics*. ACM Transactions on Graphics (TOG), vol. 2, pp. 217-236.
- [6] Lowe, D. G. (2004, November). *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*. International Journal of Computer Vision, vol. 60, pp. 91-110.