FRAMEWORK OPTIMASI MULTI-OBJEKTIF DENGAN METODE PARAMETRIK

Studi Kasus: Optimasi Kebisingan dan *Daylighting* pada Basement Gedung UAJY

Maria Dominika Krisna Adya Anindita[1], Frengky Benediktus Ola[1]

1. Program Studi Arsitektur, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta

*Correspondent Author:

Tgl masuk naskah: 08-07-2021 • Tgl review I: 22 & 24-07-2021 • Tgl revisi: 04-08-2021• Tgl review II: 08-08-2021
Tgl terbit 06-09-2021

DOI: 10.24167/joda.v1i1.3477

Abstrak: Performa bangunan merupakan isu yang sering dipertimbangkan dalam proses perancangan arsitektur. Pada prakteknya, pertimbangan ini seringkali bersifat multi-objektif sehingga pembuatan keputusan menjadi lebih rumit. Ketika masalah bersifat multi-objektif dan kompleks, pengambilan keputusan dengan hanya mengandalkan intuisi dan pengalaman perancang dapat menghasilkan solusi yang tidak tepat. Potensi metode parametrik berupa *computer aided design* yang dapat diintegrasikan dengan alat *building performance simulation* (BPS) dapat membantu perancang dalam memberi pertimbangan pengambilan keputusan. Studi ini bertujuan mengeksplorasi penggunaan metode parametrik sebagai alat bantu pengambilan keputusan melalui kasus studi optimasi kebisingan dan *daylighting* pada selasar basement gedung Thomas Aquinas UAJY. Output penelitian berupa pemaparan eksplorasi penggunaan metode parametrik beserta manfaat dan batasan yang ditemukan. Penelitian menggunakan software rhinoceros dan grashopper, ladybug, honeybee, pachyderm, colibri, dan design explorer. Berdasarkan hasil eksplorasi yang dilakukan, penggunaan metode parametrik memiliki manfaat dan batasan.

Kata Kunci: optimasi multi-objektif, metode parametrik, rhinoceros, pachyderm, design explorer

Abstract: *Building performance is an issue that is often considered in the architectural design process. In practice, these considerations are often multi-objective, making decision making more complicated. When problems are multi-objective and complex, decision-making relying solely on the designer's intuition and experience can lead to inacurate solutions. The potential of parametric methods in the form of computer aided designs that can be integrated with building performance simulation (BPS) tools can assist designers in giving consideration to decision making. This study aims to explore the use of parametric methods as a decision-making tool through a case study of noise optimization and daylighting in the basement hall of the Thomas Aquinas UAJY building. The research output is an explanation of the use of parametric methods. Benefits and limitations found will also be explained. The research used rhinoceros and grasshopper software, ladybug, honeybee, pachyderm, colibri, and design explorer. Based on the results of the exploration, the use of parametric methods has benefits and limitations.*

Keywords: *multi-objective optimization, parametric method, rhinoceros, pachyderm, design explorer*

1. Pendahuluan

Performance-based design dikenal sebagai isu penting dalam desain arsitektural sehingga sering dipertimbangkan sebagai fokus desain **[1]**. Performa bangunan adalah ukuran keinginan perilaku hasil perancangan yang diprediksi dari solusi desain. Jika ditinjau dari ciri arsitektur sebagai bentuk dan fungsi, proses desain cenderung bersifat kausalitas sehingga

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

muncullah pernyataan seperti "*form follow function*" **[2]**. Oleh karena itu, secara logika, bentuk dan performa bangunan saling memengaruhi sehingga perancang perlu mempertimbangkan kedua aspek secara bersamaan.

Tahap awal desain terdiri dari dua aktivitas utama yaitu *problem forming* dan *problem solving*. *Problem forming* adalah tahap pertama proses desain berupa perumusan spesifikasi masalah yang ingin diselesaikan dan tujuan sebagai fokus desain (objektif). Tahap selanjutnya adalah *problem solving*, yaitu tahap konseptual desain yang berisi penentuan metode yang digunakan untuk mencapai tujuan dan bentuk solusi yang dihasilkan **[3]**. Oleh karena itu, tahap awal desain akan menentukan perilaku hasil rancangan.

Pada beberapa konseptual desain, pembuatan keputusan berdasarkan pengalaman dan intuisi perancang untuk mencapai performa yang menjadi fokus desain adalah cukup. Tetapi intuisi dapat menjadi tidak valid ketika kasus memiliki tingkat kompleksitas tinggi. Selain itu, dalam tahap konseptual desain biasanya bersifat multi-objektif sehingga perancang harus membuat skala prioritas ketika melakukan optimasi performa bangunan **[4]**. Untuk menjembatani definisi kualitas performa bangunan, tolok ukur performa bangunan dinilai secara kuantitatif. Nilai kuantitatif terkoneksi pada *building information modeling*, *energy simulation*, dan *optional algorithm module* sehingga objektif dan parameter desain harus terintegrasi dan dinamis **[5]**. Bantuan alat performa bangunan dibutuhkan untuk mendukung proses desain seiring semakin meningkatnya kompleksitas desain dan evaluasi performa bangunan **[6]**. Beberapa literatur menyebutkan bahwa peran komputasi sangat memudahkan perancang dalam memprediksi dan mengevaluasi solusi desain sehingga diperoleh bentuk dengan nilai objektif yang optimal **[7][8][9]**. Metode parametrik dalam *computer aided design* (CAD) yang diintegrasikan dengan *building performance simulation* (BPS) dan algoritma optimasi adalah metode komputasional baru yang banyak digunakan pada tahap konseptual. Namun, kehebatan komputasi termasuk metode parametrik memiliki keterbatasan dalam penggunaannya **[8]** [10]. Berdasarkan survey, kemampuan *software* dan kemudahan penggunaan menjadi pertimbangan pemilihan *software* BPS **[11]**.

Keunggulan metode parametrik adalah bersifat fleksibel, pengguna dapat menentukan dan mengembangkan metode kerjanya sendiri sesuai dengan karakter kasus studi. Terdapat penelitian yang meninjau pemanfaatan metode parametrik dalam proses optimasi. Shin et al **[12]** melakukan optimasi multi-objektif menggunakan alat optimasi octopus. Fokus objektif skenario 1 berupa pencahayaan alami menggunakan alat BPS DIVA. Skenario 2 berupa pencahayaan alami dan penggunaan energi HVAC menggunakan alat BPS honeybee**.** Suyoto et al **[13]** melakukan optimasi multi-objektif menggunakan alat optimasi galapagos dengan cara diskrit, menyelesaikan masalah spesifik secara bertahap satu persatu. Penentuan framework metode parametrik dapat bervariasi berdasarkan kasus studi. Penelitian ini bertujuan meninjau manfaat dan batasan metode parametrik dalam mengakomodasi proses optimasi di tahap konseptual dengan kasus studi yang memiliki karakter:

a. Menginginkan evaluasi objektif-objektif secara bersamaan.
b. Tahap konseptual desain tidak hanya berorientasi pada hasil tetapi mempelajari perilaku perubahan parameter terhadap performa objektif. Informasi perilaku akan menjadi pertimbangan pengembangan strategi desain.
c. *Design space* memiliki jumlah individu yang banyak tetapi masih memungkinkan dilakukan simulasi untuk seluruh individu. Pada kasus ini, penggunaan alat optimasi berbasis algoritma seperti octopus, wallacei, biomorpher, galapagos, dan alat optimasi sejenis lainnya tidak efektif.
d. Kasus studi dapat memiliki objektif-objektif yang memerlukan alat BPS berbeda.

Penelitian menggunakan studi kasus berupa selasar basement gedung Thomas Aquinas UAJY. Ruang digunakan sebagai area belajar mahasiswa. Berdasarkan hasil pengukuran kebisingan, area tersebut memiliki nilai kebisingan 65dB. Nilai ini melebihi batas standar kebisingan untuk ruang belajar berdasarkan peraturan peraturan Kementrian Kesehatan No. 718/MenKes/Per/XI/87 yaitu 55dB. Standar RT60 ruang kuliah sebesar 0,6-1,3s **[14].**

Tipe semi-basement yang berbatasan dengan ruang luar memungkinkan cahaya masuk melalui boven yang berada di sepanjang dinding sisi utara (gambar 1). Berdasarkan pengukuran, intensitas pencahayaan

e-ISSN: 2798-6896

alami area kerja berkisar 1-31lux sehingga dibutuhkan bantuan penerangan buatan sepanjang waktu operasional gedung. Permasalahan kedua aspek, kebisingan ruang dan pencahayaan alami menjadi fokus masalah yang akan diselesaikan.

Implementasi metode parametrik pada framework studi kasus menggunakan software rhinoceros dan grasshopper sebagai glue CAD dengan BPS, ladybug dan honeybee sebagai alat BPS pencahayaan alami, pachyderm sebagai alat BPS akustika, colibri sebagai iterator dan generator data, dan design explorer untuk visualisasi data dan membantu pengguna melakukan proses optimasi.



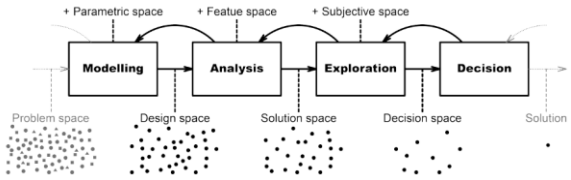
Gambar 1. ruang dalam basement (kiri), ruang luar basement (kanan)

2. Tinjauan Pustaka

Parametrik dikenal sebagai alat untuk mengeksplorasi desain dan memperkaya proses sintesis arsitektural. Pengguna dapat melakukan kontrol secara dinamis terhadap komponen geometri dan mencari solusi terbaik dengan melihat geometri dan hasil objektif secara bersamaan **[15]**. Konsep parametrik menitikberatkan pada parameter dari desain yang ingin diciptakan dibandingkan bentuk yang dihasilkan **[16]**. Salah satu contoh alat yang dapat melakukan metode parametrik adalah grasshopper untuk rhinoceros. Rhinoceros dan grasshopper yang dibuat oleh Robert McNeel memiliki konsep '*open innovation*' yang memungkinkan pengguna menciptakan '*plug-in*' sehingga arsitek berperan sebagai pencipta dari lingkungan desain mereka **[17]**.

Metode parametrik juga memungkinan pengguna melakukan optimasi. Optimasi adalah pencarian kandidat dengan performa yang optimal dalam *design space* **[18]**. Optimasi dalam desain parametrik berkaitan dengan *design space* dan *design objective*. *Design space* adalah populasi yang terdiri dari individu-individu yang memiliki karakter dari kombinasi parameter-parameter yang telah ditentukan. *Objective space* adalah lokasi yang merujuk pada performa desain sebagai ruang (kriteria) individu dalam *design space* **[4]**.

Eksplorasi sebagai bagian proses desain yang terjadi setelah tahap pemodelan dan analisis tetapi sebelum tahap penentuan keputusan (gambar 2). Tahap pemodelan dalam metode parametrik bertujuan mengubah ide menjadi model parametrik dengan mendeskripsikannya melalui hubungan parameter dan geometri. Populasi individu yang dihasilkan disebut *design space* dan setiap individu yang memiliki definisi parameter disebut *parametric space*. Tujuan tahap analisis adalah mengkomputasi fitur yang mendeskripsikan performa dari individu yang dihasilkan. Performa ini mendeskripsikan kebutuhan desain yang harus dipenuhi. *Solution space* terbentuk akibat pengurangan individu berdasarkan kualifikasi kebutuhan desain. Apabila individu-individu dalam satu *solution space* memiliki konflik dengan objektif lain, tinggi pada satu objektif tetapi rendah pada objektif lain, maka dibutuhkan intervensi perancang di tahap selanjutnya. Tahap eksplorasi memungkinkan terjadinya proses desain yang bergerak ke depan atau ke belakang untuk menghasilkan individu baru. Setelah *decision space* sudah tersedia, kandidat terbaik berdasarkan prioritas objektif akan menjadi solusi desain **[19]**.



Gambar 2. Hubungan tahap eksplorasi dengan tahap lain dalam proses desain parametrik **[19]**

Menurut Nguyen et al. (2014), optimasi dapat diklasifikasikan berdasarkan masalah dan algoritma. Hal ini penting untuk mengetahui strategi optimasi dan pemilihan algoritma yang tepat sesuai kasus **[8]**. Pada studi kasus, design space hanya memiliki 32 individu sehingga proses optimasi tidak memerlukan alat optimasi. Proses optimasi menggunakan colibri dan design explorer dinilai lebih efektif dan efisien.

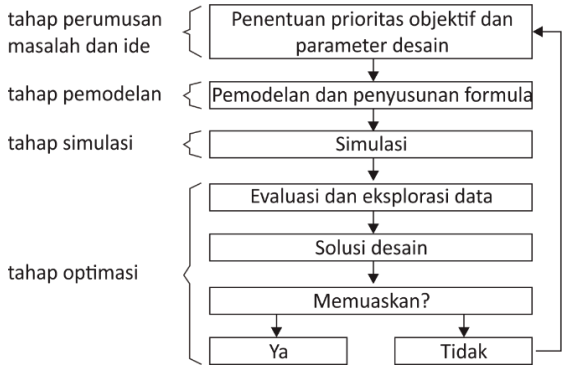
Colibri adalah *plug-in* yang membantu mengolah proses iterasi secara otomatis berdasarkan parameter dan objektif yang didefinisikan perancang serta merekam gambar grafis geometri dari *design space* **[20]**. Output colibri adalah data csv dan *image* yang terkompilasi dalam satu folder. Folder ini nantinya akan diunggah ke design explorer untuk melakukan proses optimasi.

e-ISSN: 2798-6896

Design explorer menawarkan optimasi berbasis *design shopping*. Interface design explorer menggunakan konsep "*parallel coordinates*" dan "*Self-Organizing Maps*" (SOM) **[18]**. P*arallel coordinates* memungkinkan pengguna mengobservasi pola dalam data set, melakukan seleksi secara visual, dan seleksi desain. SOM adalah individu yang divisualisasikan pada peta dua dimensional berdasarkan kesamaan fitur **[19]**. Metode *design-by-shopping* merupakan metode interaktif yang membutuhkan intervensi perancang. Dalam metode ini, desain disusun dalam grid dengan gambar yang merepresentasikan geometri dan informasi performa geometri tersebut **[4]**.

3. Metode Penelitian

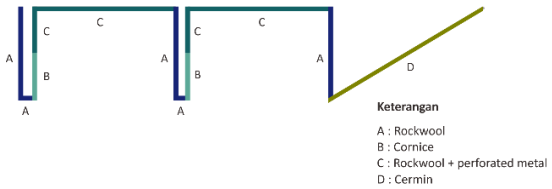
Metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian adalah melakukan tahapan proses optimasi pada gambar 3 sehingga manfaat dan batasan dari framework yang digunakan dapat diketahui.



Gambar 3. Tahapan proses optimasi dengan metode parametrik

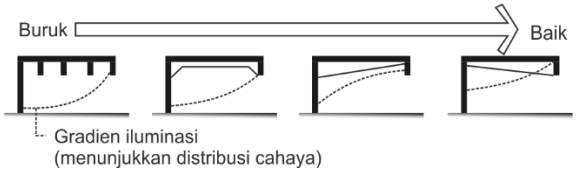
Tahap 1. Perumusan Masalah dan Ide.

Perumusan strategi penyelesaian masalah desain menggunakan cara analog berdasarkan logika sebab-akibat dan pengetahuan yang dimiliki. Usulan desain berupa modifikasi plafon eksisting menjadi plafon bersirip. Sirip-sirip berfungsi untuk menambah luas bidang peredam kebisingan. Penulis berasumsi jika semakin besar derajat kemiringan sirip akan memperbanyak bunyi yang terperangkap dan dipantulkan pada bidang-bidang plafon sehingga energi bunyi yang dilepaskan kembali ke bawah ruang akan mengalami penurunan yang signifikan.



Gambar 4. Usulan bentuk plafon

Sedangkan Bidang cermin di sisi utara berfungsi merefleksikan cahaya dari boven ke area kerja mahasiswa. Namun, bentuk plafon ini kontradiktif dengan teori distribusi *illuminance* yang dikemukakan Olgyay (gambar 5).

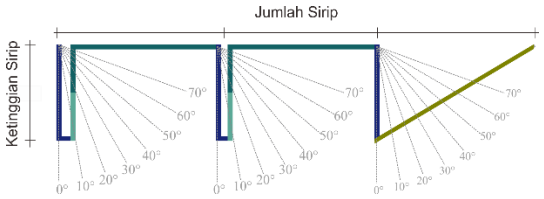


Gambar 5. Perbandingan gradien *illuminance* terhadap bentuk plafon [21]

Oleh karena itu, optimasi multi-objektif dengan metode parametrik diperlukan untuk mencari rekomendasi kombinasi parameter yang optimal. Parameter yang digunakan adalah jumlah sirip, ketinggian sirip, dan derajat kemiringan sirip (tabel 1).

Tabel 1. Parameter plafon

Parameter	Jumlah Item	Item
Jumlah sirip	2	3; 4
Ketinggian sirip (m)	2	0,4 ; 0,8
Kemiringan sirip	8	0°; 10°; 20°; 30°; 40°; 50°; 60°; 70°



Gambar 6. Parameter kemiringan plafon

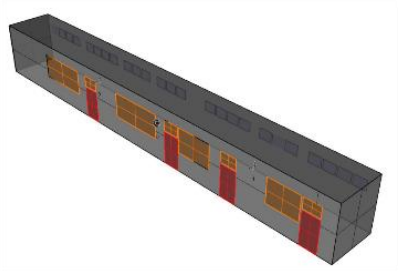
Strategi material yang digunakan untuk pencahayaan alami adalah menggunakan material dengan nilai reflectance tinggi. Strategi material untuk penanganan kebisingan menggunakan material serap dan difus. Koefisien material tertera dalam tabel 2.

e-ISSN: 2798-6896

Tabel 2. Koefisien Material Plafon Parametrik

Material	Pencahayaan	Akustika	
		Koef Serap (1000 Hz)	Koef Scattering (1000 Hz)
Rockwool + Perforated	void plastic AcousticTileSuspended 0 0 5 0.8 0.8 0.8 0.0 0.0	0.99	0.01
Rockwool	void plastic AcousticTileSuspended 0 0 5 0.8 0.8 0.8 0.0 0.0	0.99	0.01
Cornice	void plastic AcousticTileSuspended 0 0 5 0.8 0.8 0.8 0.0 0.0	0.09	0.70
Mirror	void mirror cermin 0 0 3 1.0 1.0 1.0	0.30	0.01

Tahap 2A. Pemodelan Dasar.
Pemodelan dasar dilakukan pada *window* rhinoceros. Objek pemodelan adalah geometri non-parametrik yang menjadi variabel kontrol. Geometri non-parametrik secara garis besar terdiri dari ruang objek studi (gambar 7) dan konteks geometri di luar objek studi yang dapat memengaruhi hasil simulasi (gambar 8). Selain geometri, komponen *receiver* dan *source* perlu dimodelkan di tahap ini untuk mensimulasikan performa akustika.



Gambar 7. Pemodelan ruang objek studi



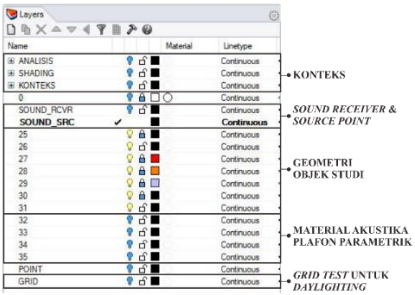
Gambar 8. Pemodelan konteks objek studi

Di tahap pemodelan dasar di rhinoceros, penulis mengelompokkan geometri dan komponen ke dalam *layer-layer* berdasarkan kesamaan jenis geometri (model studi dan konteks), material geometri, dan fungsi geometri atau komponen. Hal ini dimaksudkan untuk:

1. Memudahkan menyeleksi seluruh geometri atau komponen dalam satu kelompok saat input data geometri atau komponen pada kanvas grasshopper. Langkah ini akan meningkatkan efisiensi waktu dan usaha penyusunan formula di grasshopper saat model bersifat kompleks.
2. Memudahkan penulis menggunakan kembali serta mengembangkan geometri dan formula di lain waktu.
3. Selain alasan kepraktisan, langkah ini didasari objektif dan alat simulasi performa bangunan yang berbeda sehingga membutuhkan perlakuan dan syarat yang berbeda pula.

Penamaan layer dengan kode nomor (gambar 9) dilakukan untuk mentransfer data geometri dan *setting* material akustika (tabel 3) pada *layer* rhinoceros ke grasshopper. Langkah ini diperlukan untuk menjalankan simulasi akustika dan akan dipaparkan lebih lanjut pada sub-bab simulasi performa akustika.

e-ISSN: 2798-6896



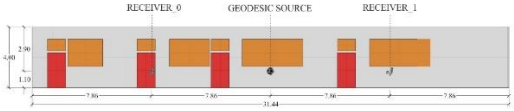
Gambar 9. Grup *Layer*

Tabel 3. Material Akustika

Layer	Geometri Rhino	Material Akustika
25	Void	Absorber 99%
26	Dinding	Brick painted wall
27	Pintu	Laminated wood
28	Jendela	Mirror
29	Boven	Mirror
30	Lantai	Ceramic
31	Langit-langit	Brick painted wall
32	-	Perforated metal
33	-	Cornice
34	-	Rockwool
35	-	Mirror

Tahapan pemodelan di rhinoceros adalah sebagai berikut.

1. Memodelkan segmen basement yang menjadi fokus studi.
2. Mengelompokkan geometri seperti jendela, dinding, lantai, plafon, pintu, dan boven yang dimasukkan ke dalam *layer-layer* dengan dasar perbedaan material yang perlu didefinisikan saat simulasi *daylighting* dan akustika.
3. Memodelkan geometri konteks sekeliling selasar yang memberi efek pembayangan.
4. Mengelompokkan komponen-komponen geometri seperti vegetasi dan konteks dengan dasar perbedaan material untuk keperluan simulasi *daylighting*.
5. Memodelkan geometri tambahan yang berkaitan dengan kebutuhan simulasi *daylighting*. Geometri tambahan adalah *workplane* yang dimodelkan berupa bidang selebar 1,5m untuk memfokuskan analisis distribusi pencahayaan pada area kerja mahasiswa.
6. Memodelkan geometri tambahan yang berkaitan dengan kebutuhan simulasi akustika. Geometri tambahan adalah bidang di kedua ujung selasar yang nantinya akan di-*assign* sebagai void. Langkah ini didasari kebutuhan simulasi ingin melihat pengaruh bentuk-bentuk usulan plafon dengan sampel segmen selasar basement.
7. Penentuan titik koordinat *source* dan *receiver*. Pada kasus ini, peneliti menambahkan satu *source* di tengah selasar dan dua receiver di kanan dan kiri *source* (gambar 10).



Gambar 10. Peletakan *source* dan *receiver*

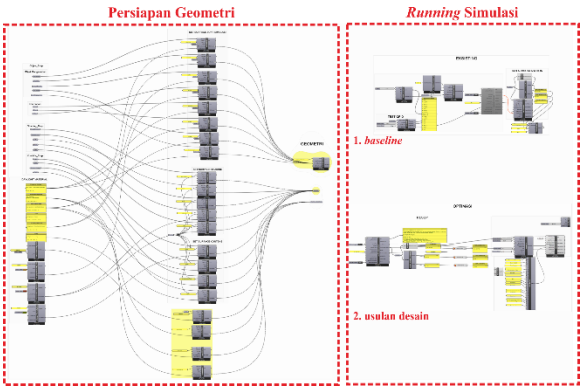
8. *Setting* material akustika pada *layer* rhinoceros untuk geometri yang diperlukan untuk simulasi akustika.

Tahap 2B. Pemodelan Parametrik.
Tahap pemodelan parametrik adalah tahap penyusunan formula geometri parametrik. Geometri parametrik berupa objek yang sudah ditentukan di tahap perumusan ide.

Tahap 3. Simulasi.
Simulasi dilakukan dua tahap yaitu simulasi kondisi awal dan simulasi setelah penambahan plafon parametrik. Data yang diperoleh pada simulasi awal digunakan sebagai pertimbangan pemilihan output desain pada tahap optimasi.

Simulasi *Daylighting*
Objektif performa *daylighting* ditinjau dari nilai rata-rata nilai *illuminance* pada *workplane*. Penyusunan formula terdiri dari persiapan geometri dan *running* simulasi (gambar 11).

e-ISSN: 2798-6896



Gambar 11. Susunan formula simulasi *daylighting*

Persiapan geometri adalah tahap pengkonversian data geometri dari rhino dan grasshopper menjadi honeybee surface kemudian honeybee surface dikonversi menjadi honeybee zone. Setting material juga dilakukan di tahap ini. Setelah seluruh geometri siap, data dimasukkan ke formula running simulasi. Formula tersusun dari *setting weather data*, formula simulasi *daylighting*, dan visualisasi data. Lokasi iklim yang yang digunakan adalah Yogyakarta, Indonesia. Formula simulasi berisi setting simulasi *daylighting*. *Setting* yang digunakan tertera dalam tabel 4.

Tabel 4. *Setting* radiance untuk simulasi *daylighting*

Setting	Input
Tipe simulasi	Grid based
Grid dimension	20x20cm
Sky condition	Uniform CIE sky 9897 lux
Ab	3
Ad	2048
As	2048
Ar	64
Aa	0.2

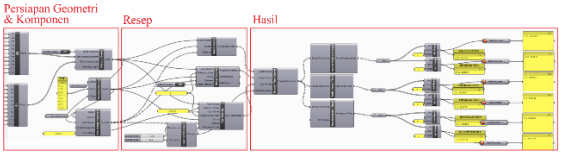
Simulasi Akustika

Objektif performa akustika ditinjau dari nilai SPL, RT30, dan EDT setiap *receiver*. Input setting simulasi yang digunakan tertera dalam tabel 5.

Tabel 5. Setting akustika

	Setting	Input
1	*Source*	*Geodesic Omni Directional*
2	SWL	71 dB
3	*Receiver*	*Stationary Receiver* @1m
4	*Cut of Time*	10.000 s
5	*Number of Rays*	100.000
6	*Frequency Scope*	1.000 Hz
7	*Reflection Order*	1
8	*Image Source Order*	1

Penyusunan formula simulasi akustika terdiri dari persiapan geometri dan komponen, resep simulasi, dan data hasil. Persiapan geometri adalah tahap menggabungkan data geometri dengan material meggunakan komponen *polygon scene*. Pada komponen *polygon scene*, pengguna diminta memilih menggunakan *rhino geometry* atau *grasshopper geometry*. Pada kasus studi, untuk melakukan simulasi parametrik, peneliti menggunakan *grasshopper geometry* sehingga diperlukan input *grasshopper geometry* (GG) dan *grasshopper layer* (GL) untuk menggabungkan material dari *layer* rhino.



Gambar 12. Formula simulasi akustika

Geometri setiap *layer* dipanggil menggunakan komponen *geometry pipeline*. Layer Table dari *plug-in* human digunakan untuk mengambil daftar layer dari rhinoceros. Setiap *layer* dari rhinoceros memiliki koefisien material akustika. Di tahap ini geometri rhinoceros dan grasshopper didefinisikan materialnya sesuai nilai material pada layer yang dipilih. Formula disusun seperti gambar 13 dan diulangi untuk setiap geometri [22]. *Output* tahap ini digunakan sebagai *input* data geometri grasshopper dan *layer* grasshopper sebelum digunakan pada komponen *polygon scene*.

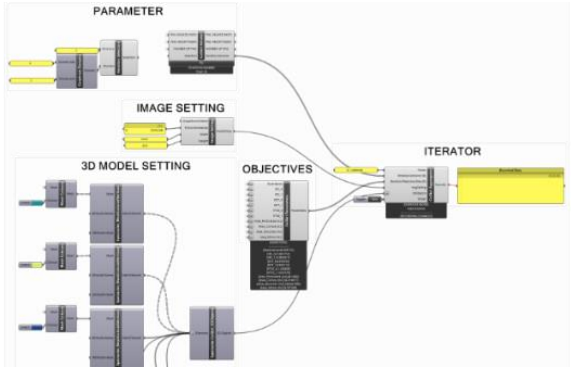
e-ISSN: 2798-6896



Gambar 13. Penetapan material akustika pada geometri yang diambil dari *layer* rhinoceros

Iterasi simulasi

Iterasi simulasi dilakukan secara otomatis menggunakan *plug-in* colibri. Alur kerja terbagi menjadi dua tahap yaitu iteration and aggregation. Tahap iterasi terdiri dari tiga komponen yang dibutuhkan komponen colibri aggregator. Komponen-komponen tersebut disusun seperti pada gambar 14.



Gambar 14. Susunan formula colibri

Tahap 4. Proses Optimasi Multi-Objektif

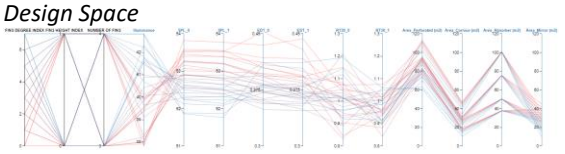
Data yang diperoleh kemudian diunggah ke laman design explorer untuk melakukan optimasi dengan metode *design-by-shopping*. Hasil simulasi dapat diakses pada laman https://tt-acm.github.io/DesignExplorer/?ID=BL_2IpQaYc.

4. Pembahasan Hasil

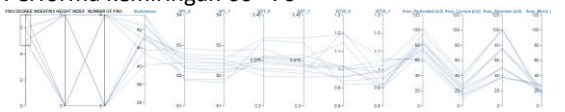
Analisis perilaku parameter dilakukan dengan mengamati pola persebaran data berdasarkan parameter (tabel 6). Persebaran data parameter ketinggian dan jumlah sirip acak akibat kombinasi parameter-parameter yang saling memengaruhi. Parameter kemiringan sirip plafon memiliki pengaruh dominan terhadap nilai objektif. Semakin besar kemiringan sirip terhadap sumbu vertikal, maka semakin rendah nilai SPL dan semakin tinggi nilai *illuminance*, begitu pula sebaliknya. Perilaku parameter terhadap nilai *illuminance* sesuai dengan teori bentuk plafon milik Olgyay. Sedangkan perubahan nilai SPL dipengaruhi oleh komposisi material serap dan pantul. Informasi nilai masing-masing objektif berdasarkan pengelompokkan illuminance secara lebih rinci tercantum dalam tabel 7 dan 8.

Tabel 6. Analisis perilaku parameter terhadap performa objektif

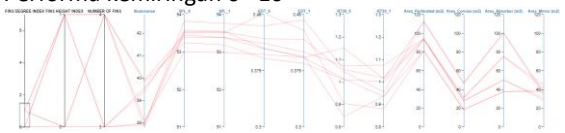
Design Space



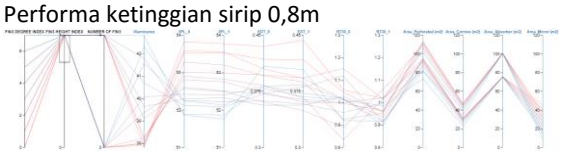
Performa kemiringan 60^o-70^o



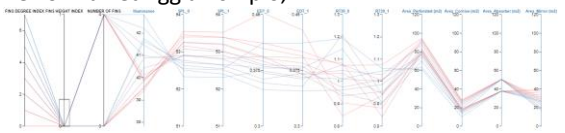
Performa kemiringan 0^o-10^o



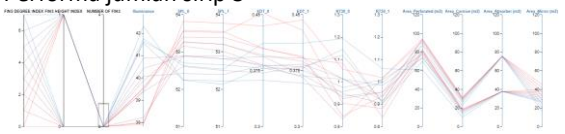
Performa ketinggian sirip 0,8m



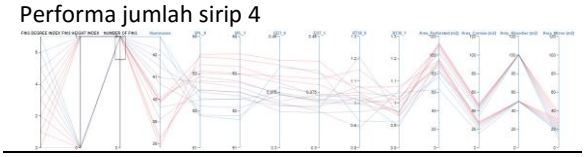
Performa ketinggian sirip 0,4m



Performa jumlah sirip 3



Performa jumlah sirip 4



Tabel 7. Urutan bentuk plafon berdasarkan nilai *illuminance* tertinggi

Illumi-nance	SPL_0	SPL_1	RT30_0	RT30_1	Parameter plafon		
					H	Σ	o
42,83	52,33	52,31	1,01	1,05	0,4	4	70
37,99	51,86	51,76*	0,92	0,92	0,8	4	70
39,40	52,24	52,13	1,01	0,98	0,8	3	70
37,82	52,51	52,4	0,96	0,99	0,4	4	60
39,92	51,89	51,87	1,02	0,9	0,8	4	60
39,55	52,63	52,54	1,19	1,06	0,4	3	70

e-ISSN: 2798-6896

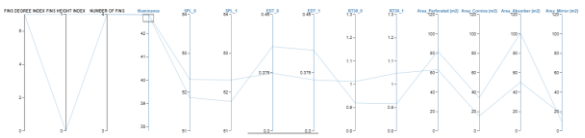
*SPL terendah

Tabel 8. Urutan bentuk plafon berdasarkan nilai *illuminance* terendah

Illumi-nance	SPL_0	SPL_1	RT30 _0	RT30 _1	Parameter plafon		
					H	Σ	o
37,82	53,52	53,53	1,05	0,96	0,8	4	0
37,91	53,82*	53,77	1,06	1,02	0,8	3	0
37,99	53,58	53,55	1,01	0,94	0,8	3	10
38,02	53,28	53,2	0,93	0,95	0,8	3	20
38,09	53,01	52,98	1,15	1,02	0,8	4	10
38,23	52,9	52,82	0,83	1,01	0,8	3	30

*SPL tertinggi

Simulasi kondisi eksisting memiliki nilai *illuminance level* 40,52lux, SPL pada dua *receiver* sebesar 58,69dB dan 67,67dB, RT30 sebesar 2,52s dan 2,43s. Penambahan plafon parametrik memiliki rentang nilai SPL 51,76 – 53,82dB (SNI 55dB). RT30 berkisar 0,83 – 1,21s (standar 0,6 – 1,3s). Sedangkan rentang *illuminance level* berkisar 37,82 – 42,83lux (SNI 350lux). Melalui pengujian performa desain, diketahui usulan desain efektif untuk meningkatkan kualitas akustika tetapi belum efektif untuk pencahayaan alami. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan *illuminance level* yang kecil (-2,7lux hingga +2,31lux). Oleh karena itu, prioritas objektif untuk menentukan solution space berfokus pada bentuk plafon dengan pencahayaan alami terbaik. *Solution space* menghasilkan dua individu dengan nilai SPL dan RT30 yang berbeda (gambar 15). Dengan pertimbangan nilai SPL dan RT30 yang sudah memenuhi standar, maka solusi desain mengambil individu dengan luasan material yang terkecil. Parameter individu terpilih adalah jumlah sirip empat, ketinggian sirip 40cm, dan kemiringan sirip 70^{o} dengan performa objektif *illuminance level* 42,83lux, SPL 52,33-52,31 dB, dan RT30 1,01-1,05s. Pada tahap selanjutnya, solusi desain dapat dikembangkan lagi dengan mempertimbangkan informasi dari analisis parameter yang telah dilakukan.



Gambar 15. *Solution space*

Berdasarkan tahapan metode parametrik yang telah dilakukan, penggunaan framework metode parametrik untuk melakukan optimasi multi-objektif memiliki manfaat dan batasan. Manfaat yang diperoleh adalah sebagai berikut.

- Bersifat melengkapi tahapan desain secara analog. Pengguna dapat mengetahui perilaku parameter-parameter secara terukur dan saling terintegrasi sehingga penentuan keputusan dan penarikan kesimpulan menjadi lebih mudah dan tepat.
- Kelebihan proses optimasi menggunakan metode *design-by-shopping* yang disediakan oleh design explorer adalah pengguna memungkinkan melakukan evaluasi objektif-objektif secara bersamaan dan memiliki kontrol secara penuh terhadap hasil solusi desain sehingga pertimbangan menjadi lebih komprehensif, tidak bergantung pada nilai tunggal.
- Interoperabilitas data pada metode parametrik memudahkan pengguna untuk menghasilkan dan menyusun data dari alat BPS yang berbeda.

Batasan yang ditemukan dalam pemanfaatan metode parametrik berkaitan dengan kemudahan penggunaan. Dalam penelitian ini, batasan yang ditemukan adalah diperlukan ketelitian tinggi. Simulasi pemodelan parametrik apabila satu simulasi berjalan baik, semua input geometri terbaca, belum tentu seluruh simulasi akan berjalan dengan baik pula. Oleh karena itu tahap pemeriksaan hasil simulasi sangat penting dilakukan sebelum melanjutkan ke tahap analisis data.

Batasan pengintegrasian alat BPS yang berbeda adalah perbedaan aturan main dari masing-masing alat akan meningkatkan kompleksitas pemodelan dan penyusunan formula. Pada studi kasus, pemodelan simulasi akustika menggunakan pachyderm harus membuat penamaan layer menggunakan kode angka supaya dapat manggil layer rhino ke grasshopper sedangkan pemodelan untuk simulasi honeybee dapat mengimpor geometri rhino tanpa tahapan khusus. Akibatnya diperlukan ketelitian lebih saat melakukan input data dan modifikasi pemodelan untuk menghindari kesalahan input.

Batasan melakukan optimasi menggunakan alat berbasis konsep *parallel coordinate* yang melibatkan intervensi perancang seperti design explorer adalah pembacaan data. Parallel coordinate menyajikan data

e-ISSN: 2798-6896

dengan menarik garis antar nilai dari masing-masing kelompok data menggunakan skala vertikal yang disusun pararel. Perbedaan range dan interval nilai antar kelompok data yang tidak sama menghasilkan grafik yang secara visual tidak dapat merepresentasikan infomasi komparasi data secara langsung.

5. Kesimpulan

Penggunaan framework optimasi parametrik memungkinkan pengguna melakukan optimasi dengan objektif dan mengintegrasikan alat BPS yang berbeda. Metode parametrik memudahkan menghasilkan dan menyusun data, membantu perancang untuk menentukan keputusan lebih cepat dan tepat, serta membantu melakukan pertimbangan secara komprehensif. Batasan penggunaan metode parametrik sebagai alat bantu optimasi adalah diperlukannya ketelitian tinggi dan pengintegrasian alat BPS yang berbeda akan meningkatkan kompleksitas pemodelan dan penyusunan formula. Optimasi menggunakan konsep parallel coordinate seperti design explorer memiliki batasan berupa visualisasi grafik tidak dapat merepresentasikan infomasi komparasi data secara langsung.

6. Ucapan Terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Republik Indonesia. Simulasi Kinerja Bangunan dalam Proses Studio Desain No. 458/UN40.D/PT/2020 dibawah LPPM Universitas Pendidikan Indonesia.

Pustaka

[1] R. Oxman, “Performance-based Design: Current Practices and Research Issues,” *Int. J. Archit. Comput.*, vol. 6, 2014, doi: 10.1260/147807708784640090.

[2] Y. E. Kalay, “Performance-based design,” *Autom. Constr. 8*, pp. 395–409, 1999, [Online]. Available: https://www.academia.edu/25884247/Performance-based_design.

[3] G. Draghici and F. Banciu, “Development of a conceptual design methodology for products,” *Rom. J. Tech. Sci. Appl. Mech.*, vol. 49, pp. 575–578, 2004, doi: 10.13140/2.1.4537.7920.

[4] N. C. Brown, “Early Building Design Using Multi-Objective Data Approaches,” Massachusetts Institute of Technology, 2019.

[5] S. Li, L. Liu, and C. Peng, “A review of performance-oriented architectural design and optimization in the context of sustainability: Dividends and challenges,” *Sustainability*, vol. 12, no. 4, 2020, doi: 10.3390/su12041427.

[6] K. Lam, N. Wong, and F. Henry, “A study of the use of performance-based simulation tools for building design and evaluation in Singapore,” *Architecture*, no. January, pp. 1–8, 1999, [Online]. Available: http://www.ibpsa.org/proceedings/BS1999/BS99_B-20.pdf.

[7] B. Kiss and Z. Szalay, “Modular approach to multi-objective environmental optimization of buildings,” *Autom. Constr.*, vol. 111, no. November 2019, p. 103044, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2019.103044.

[8] A. T. Nguyen, S. Reiter, and P. Rigo, “A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis,” *Appl. Energy*, vol. 113, no. January, pp. 1043–1058, 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2013.08.061.

[9] S. H. E. Lin and D. J. Gerber, “Designing-in performance: A framework for evolutionary energy performance feedback in early stage design,” *Autom. Constr.*, vol. 38, pp. 59–73, 2014, doi: 10.1016/j.autcon.2013.10.007.

[10] X. Shi, “Performance-driven architectural design and optimization technqiue from a perspective of architects,” *Autom. Constr. 32*, no. July 2013, pp. 125–135, 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2013.01.015.

[11] T. Østergård, R. L. Jensen, and S. E. Maagaard, “Building simulations supporting decision making in early design - A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 61, pp. 187–201, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.03.045.

[12] X. Shen, A. Singhvi, A. Mengual, M. Spastri, and V. Watson, “Evaluating the Multi-Objective Optimization Methodology for Performance-Based Building Design in Professional Practice,” *2018 Build. Perform. Anal. Conf. Simbuild*, pp. 646–653, 2018, [Online]. Available: https://www.ashrae.org/File Library/Conferences/Specialty Conferences/2018 Building Performance Analysis Conference and SimBuild/Papers/C088.pdf.

[13] W. Suyoto, A. Indraprastha, and H. W. Purbo,

e-ISSN: 2798-6896

"Parametric Approach as a Tool for Decision-making in Planning and Design Process. Case study: Office Tower in Kebayoran Lama," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 184, no. August 2014, pp. 328–337, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.05.098.

[14] J. H. In Callender, *Time-saver standards for architectural design data*. New York: McGraw-Hill Science Engineering, 1974.

[15] E. Touloupaki and T. Theodosiou, "Optimization of Building form to Minimize Energy Consumption through Parametric Modelling," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 38, pp. 509–514, 2017, doi: 10.1016/j.proenv.2017.03.114.

[16] M. Stavric and O. Marina, "Parametric Modeling for Advanced Architecture," *Int. J. Appl. Math. Informatics*, vol. 5, no. 1, pp. 9–16, 2011, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/285467523.

[17] B. Peters and T. Peters, "Introduction—Computing the Environment: Design Workflows for the Simulation of Sustainable Architecture," in *Computing the Environment: Digital Design Tools for Simulation and Visualisation of Sustainable Architecture*, John Wiley & Sons, Ltd., 2018, pp. 1–13.

[18] T. Wortmann and T. Schroepfer, "From optimization to performance-informed design," *Simul. Ser.*, vol. 51, no. 8, pp. 261–268, 2019, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/332407077_From_Optimization_to_Performance-Informed_Design_Simulation-based_Design_Tools_and_Methods_Architectural_Design_Optimization_Visualization_of_Optimization_Results.

[19] E. Fuchkina, S. Schneider, S. Bertel, and I. Osintseva, "Design Space Exploration Framework," *eCAADe 36*, vol. 2, no. PARAMETRIC MODELLING, pp. 367–376, 2015, [Online]. Available: http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2018_197.

[20] "Colibri Release." http://core.thorntontomasetti.com/colibri-release/ (accessed Oct. 18, 2020).

[21] V. W. Egan, M. David;Olgyay, *Architectural Lighting*. Blacklick, Ohio, U.S.A: McGraw-Hill Science Engineering, 2001.

[22] E. Badino, "Acoustic performance-based design: exploration of the effects of different geometries and acoustical properties of an urban façade on the mitigation of chatting noise in a street canyon," Politecnico di Torino, 2018.

e-ISSN: 2798-6896