

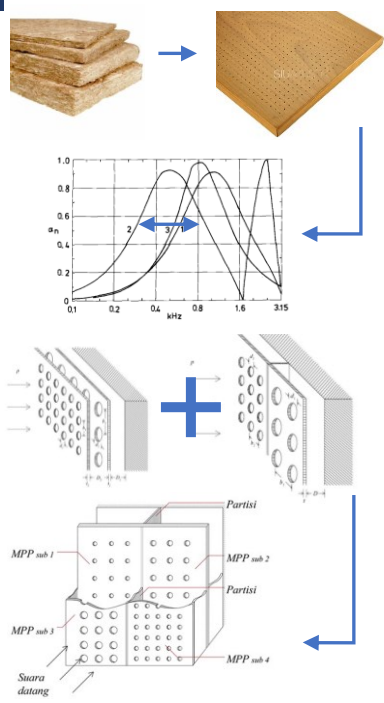
Optimasi Parameter Micro-Perforated Panel (MPP) Hibrid Untuk Mendapatkan Penyerap Suara Pita Lebar

Nama : Ainil Khairin Nisa
NIM : 23320011

Pembimbing 1: Iwan Prasetyo, S.T., M.T., Ph.D.
Pembimbing 2: Miranti Indar Mandasari, S.T., M.T., Ph.D.

Latar Belakang

- Karakteristik dasar MPP adalah rentang penyerapan yang sempit (1-2 Oktaf) sehingga membatasi penggunaannya secara praktis
- Pengembangan MPP konfigurasi seri secara konsisten memberikan kinerja penyerapan yang lebih baik. MPP konfigurasi paralel mampu memperlebar rentang frekuensi penyerapan.
- Kombinasi konfigurasi keduanya yang disebut sebagai MPP hibrid untuk memiliki tebal MPP yang lebih rasional sekaligus memiliki rentang penyerapan yang lebar. Namun menjadi lebih kompleks menimbulkan tantangan dalam menemukan parameter desain
- Melalui Studi parametrik untuk mendapatkan karakteristik absorpsi, tidak selalu memberikan parameter yang dapat menghasilkan kinerja yang terbaik



Tujuan Penelitian

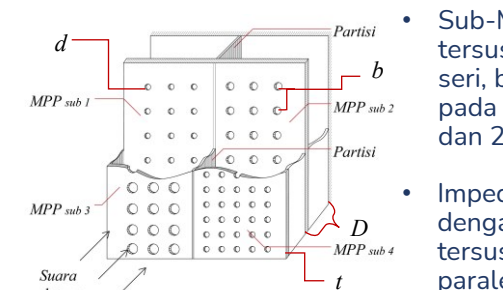
Menyempurnakan prosedur desain melalui optimasi dengan membandingkan tiga metode optimasi yang banyak diaplikasikan dalam sistem absorber yaitu *Genetic Algorithm* (GA), *Simulated Annealing* (SA), dan *Cuckoo Search Algorithm* (CSA). Mengembangkan formulasi teknik optimasi dengan mempertimbangkan minimum absorpsi sebesar 0,8 dengan rentang menyerapan lebih dari 3 oktaf (>2000 Hz).

Absorpsi MPP Hibrid

Impedansi MPP Hibrid

- Impedansi panel adalah $Z = r + jx_m$
- Impedansi rongga udara Z_D adalah

$$Z_D = -j \cot \frac{\omega D}{c}$$



Parameter yang memengaruhi :

- Tebal panel (t)
- Diameter perforasi (d)
- Jarak antarlubang (b)
- Tebal rongga udara (D)

Sub-MPP 3 dan 1 tersusun secara seri, begitu pula pada sub-MPP 4 dan 2

Impedansi Z_{31} dengan Z_{42} tersusun secara paralel

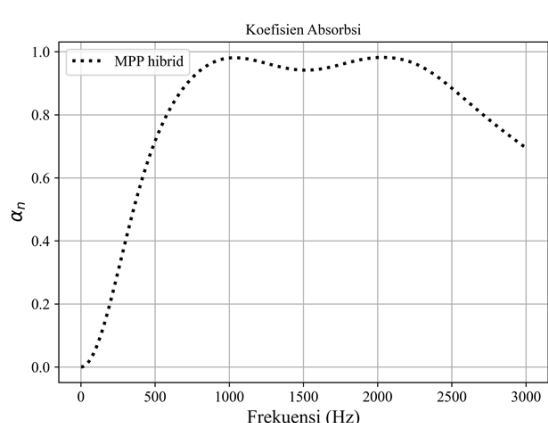
- Koefisien absorpsi

$$\alpha_n = \frac{4 \operatorname{Re}(Z_{MPP \text{ Hibrid}})}{(1 + \operatorname{Re}(Z_{MPP \text{ Hibrid}}))^2 + (\operatorname{Im}(Z_{MPP \text{ Hibrid}}))^2}$$

Metodologi

Karakteristik Absorpsi berdasarkan Studi parametrik

Pemilihan parameter awal MPP hibrid ditentukan berdasarkan studi parametrik dengan mempertimbangkan ketebalan total sistem dan $\Delta f_{0,5\alpha}$



- α_n pada rentang frekuensi 100-3000 Hz sebesar 0,84
- $\Delta f_{0,5\alpha}$ berada di frekuensi 357-3074 Hz, dengan α_n sebesar 0,83
- $\Delta f_{0,8\alpha}$ berada di frekuensi 581-2712 Hz dengan α_n sebesar 0,94

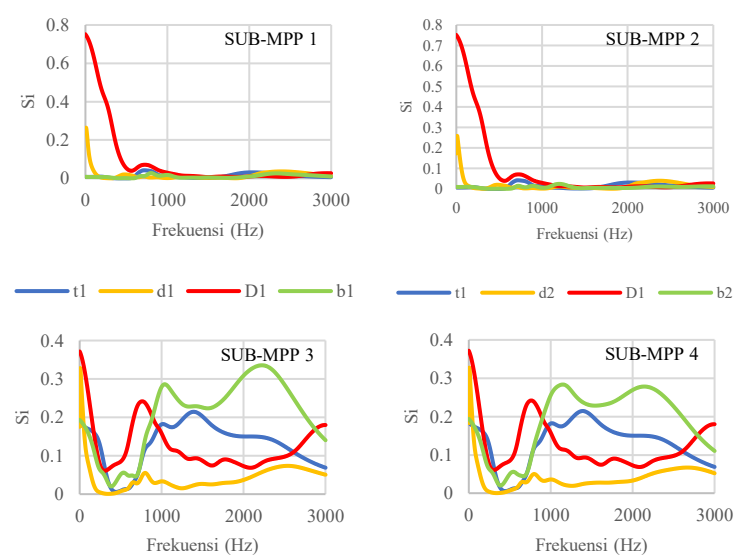
Parameter awal	
d [mm]	0,2; 0,2; 0,2; 0,2
σ [%]	2; 5; 7; 10
t [mm]	1; 1; 1; 1
D [mm]	43; 43; 25; 25

Metodologi

Analisis Sensitivitas

- Analisis sensitivitas dengan metode *Extended Fourier Amplitude Sensitivity Test* (EFAST) dengan melihat Indeks sensitivitas (Si)

Hasil Analisis Sensitivitas



Secara keseluruhan keempat parameter model MPP hibrid memberikan pengaruh sehingga seluruh parameter tersebut akan dioptimasi

- Simulasi meninjau indeks sensitivitas pada orde satu dan akan dijadikan pertimbangan dalam penentuan parameter yang akan dioptimasi

Parameter	Rentang Nilai
Tebal panel (t)	$10^{-3} - 6 \times 10^{-3} m$
Diameter perforasi (d)	$2 \times 10^{-4} - 9 \times 10^{-4} m$
Tebal rongga udara (D)	$10^{-3} - 5 \times 10^{-2} m$
Jarak antarlubang (b)	$6 \times 10^{-4} - 5,6 \times 10^{-3} m$

Optimasi Parameter MPP Hibrid

- Simulasi dilakukan pengulangan pada setiap metode GA, SA, dan CSA
- Fungsi cost ditentukan berdasarkan jumlah total energi akustik yang terserap sepanjang rentang frekuensi $\max(\operatorname{average}(\alpha(f)), f \in [100, 3000])$

- Meninjau lebih lanjut koefisien absorpsi untuk mencapai nilai minimum α_n sebesar 0,8 serta lebar rentang penyerapan $\Delta f_{0,5\alpha}$ mencapai 3 oktaf (> 2000 Hz) dengan memperhatikan pemilihan rentang frekuensi, fungsi cost, dan konstrain nilai parameter

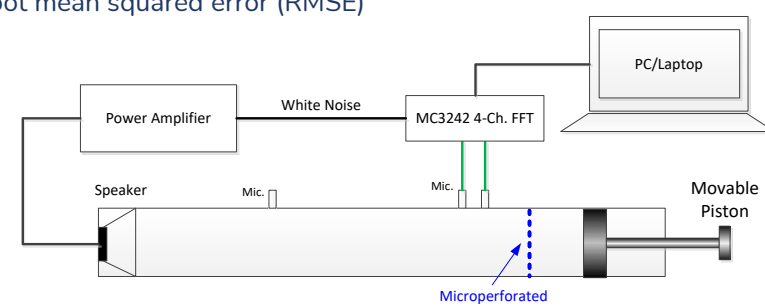
Kondisi batas optimasi MPP Hibrid

- ketebalan maksimum dibatasi, $t_1 + t_2 + D_1 + D_2 \leq 7,5 \times 10^{-2} m$
- Untuk mempertahankan MPP hibrid memiliki total tebal sistem yang relatif tipis

Parameter	Rentang Nilai
Tebal panel (t)	$10^{-3} - 6 \times 10^{-3} m$
Diameter perforasi (d)	$2 \times 10^{-4} - 9 \times 10^{-4} m$
Tebal rongga udara (D)	$10^{-3} - 5 \times 10^{-2} m$
Rasio perforasi (σ)	$2 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-1}$

Pengukuran Koefisien Absorpsi

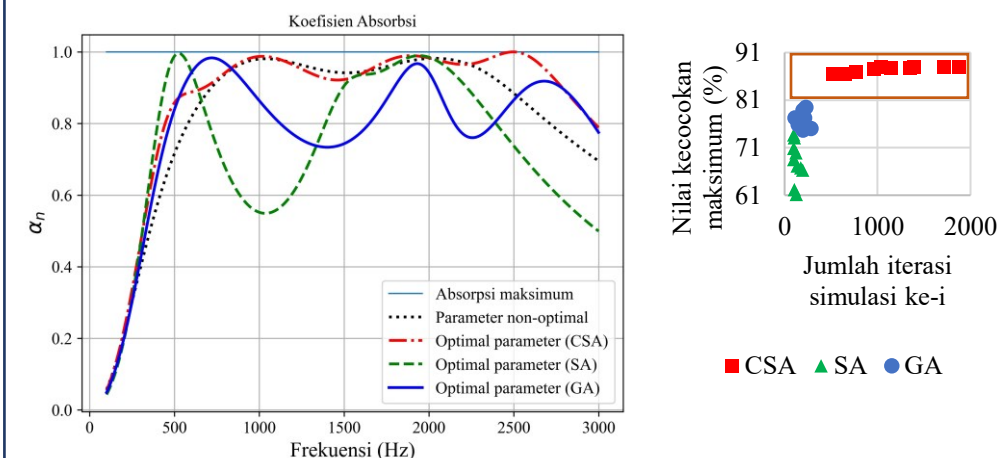
- Parameter MPP hibrid berdasarkan hasil optimasi dengan metode terbaik pada frekuensi 100-3000 Hz
- Tabung impedansi yang digunakan berdasarkan spesifikasi yang dimiliki oleh Laboratorium Adhiwijogo yaitu BSWA model SW420 dengan prosedur pengukuran menggunakan metode fungsi transfer sesuai dengan standar (ISO10534-2, 1998)
- Perbedaan antara hasil dari keduanya akan dianalisis menggunakan root mean squared error (RMSE)



Hasil Penelitian

Karakteristik Absorpsi MPP Hibrid dengan Optimasi

- Perbandingan pengulangan simulasi setiap metode menunjukkan CSA lebih konsisten dalam menghasilkan nilai kecocokan maksimum, namun membutuhkan jumlah iterasi yang lebih banyak



CSA

- $\Delta f_{0,5\alpha}$ meningkat sebesar 7,1% dengan α_n ($\Delta f_{0,5\alpha}$) meningkat sebesar 3,6% dari parameter awal
- $\Delta f_{0,8\alpha}$ meningkat sebesar 22,7% dengan α_n ($\Delta f_{0,8\alpha}$) meningkat 1,1% dari parameter awal

Kinerja maksimum MPP hibrid:

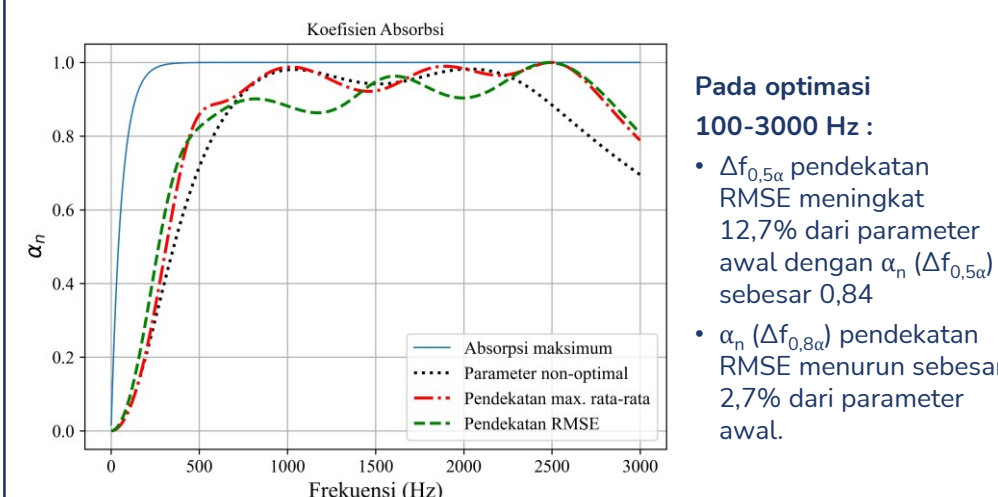
- Diameter perforasi minimum
- Rongga udara yang lebih dekat dengan dinding lebih tebal
- Tebal panel tipis

Evaluasi optimasi MPP Hibrid berdasarkan rentang frekuensi

- Simulasi menggunakan metode CSA pada frekuensi 100-4000 Hz dan 500-4000 Hz
- Kinerja penyerapan pada frekuensi 2000-4000 Hz meningkat sekitar 32-34% dari parameter awal
- $\Delta f_{0,8\alpha}$ meningkat sebesar 10% pada kurva 100-4000 Hz
- $\Delta f_{0,8\alpha}$ meningkat sebesar 13% pada kurva 500-4000 Hz

Evaluasi optimasi MPP Hibrid berdasarkan fungsi cost

- Fungsi cost didefinisikan sebagai nilai minimum RMSE (*root mean square error*) antara α_n kurva absorpsi maksimum dengan MPP hibrid yang dioptimasi.

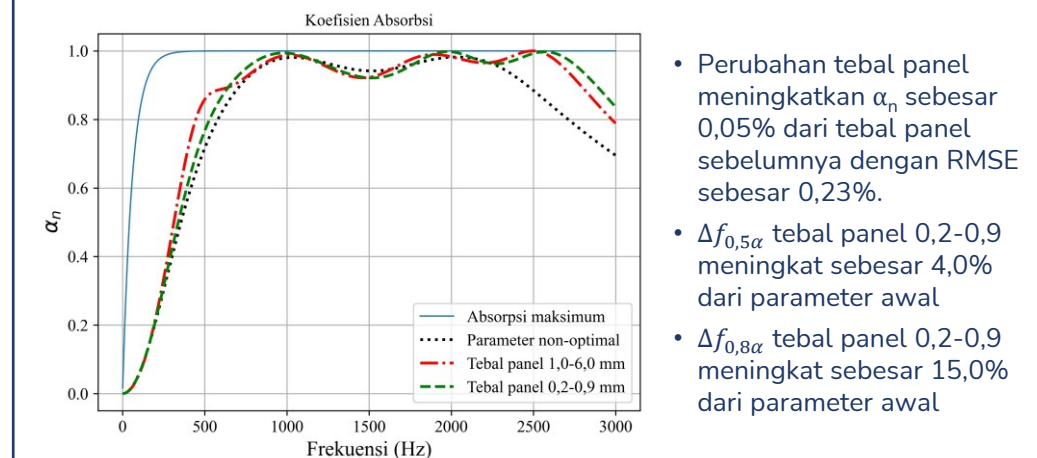


Pada optimasi 100-4000 Hz :

- $\Delta f_{0,5\alpha}$ pendekatan RMSE tanpa pemberian batas minimum α meningkat sebesar 17,7% dari parameter awal namun menurunkan α_n ($\Delta f_{0,5\alpha}$) sebesar 2,5%.
- Pendekatan RMSE memiliki lembah di bawah 0,8 sehingga diberikan batasan $\alpha > 0,8$ pada rentang frekuensi 1000-3000 Hz
- Pemberian batas minimum nilai α dapat meningkatkan nilai rata-rata α_n ($\Delta f_{0,8\alpha}$) sebesar 6,2% dari kurva pendekatan RMSE tanpa batas minimum α .

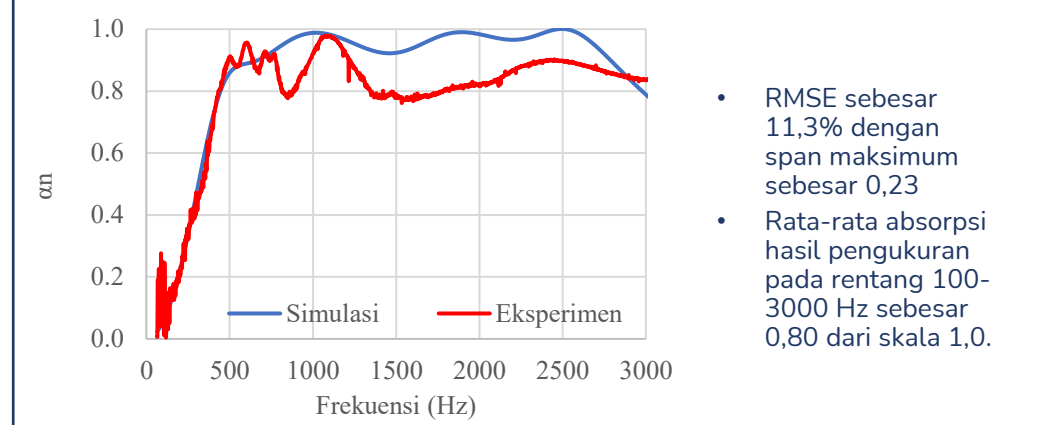
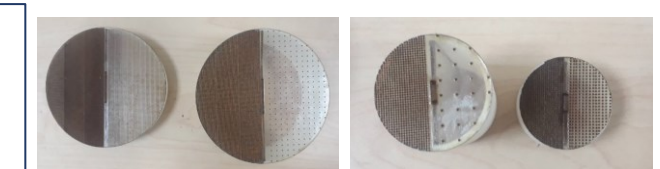
Evaluasi optimasi MPP Hibrid berdasarkan rentang tebal panel

- Untuk mendapatkan penyerapan yang maksimal, ketebalan MPP harus 1,5 kali lebih tinggi dari diameter perforasi (Prasetyo dkk., 2016).
- Parameter diameter perforasi dengan metode CSA berada di sekitar 0,2 mm. Sehingga dipilih ketebalan panel dengan rentang nilai 0,2-0,9 mm.



Pengujian Kinerja MPP Hibrid Hasil Optimasi

Parameter sampel berdasarkan hasil optimasi pada frekuensi 100-3000 Hz dengan menggunakan metode CSA



Kesimpulan

- Parameter awal menghasilkan karakteristik koefisien absorpsi MPP hibrid dengan $\Delta f_{0,5\alpha}$ berada di frekuensi 357-3047 Hz dengan nilai α_n ($\Delta f_{0,8\alpha}$) sebesar 0,94.
- Indeks sensitivitas (S_i) pada sub-MPP 1 dan sub-MPP 2 menunjukkan adanya pengaruh koefisien absorpsi terhadap ketebalan rongga dan diameter. Pada Sub-MPP 3 dan sub-MPP 4 menunjukkan adanya pengaruh pada keempat parameter lebih dari 0,2. Oleh karena itu, secara keseluruhan keempat parameter dipilih untuk dioptimasi.
- Simulasi optimasi parameter dengan CSA memiliki hasil yang paling konsisten dalam menghasilkan parameter optimum dengan nilai rata-rata α_n ($\Delta f_{0,8\alpha}$) sebesar 0,95 dimana $\Delta f_{0,5\alpha}$ meningkat 22,7% dari parameter awal.
- Pengembangan teknik optimasi parameter MPP hibrid dengan metode CSA didapatkan bahwa,
 - Memperlebar rentang frekuensi optimasi dapat meningkatkan $\Delta f_{0,8\alpha}$ sebesar 10-13% dengan rata-rata α_n sebesar 0,95 yang mengalami peningkatan 0,6% dari parameter awal.
 - Perubahan fungsi cost dengan pendekatan RMSE dapat memperlebar rentang penyerapan $\Delta f_{0,5\alpha}$ sebesar 12,7% dengan rata-rata α_n sebesar 0,84 namun, nilai rata-rata α_n pada $\Delta f_{0,8\alpha}$ menurun 2,7% menjadi 0,90.
 - Memperkecil nilai parameter tebal panel dapat meningkatkan $\Delta f_{0,5\alpha}$ sebesar 4,0% dengan rata-rata α_n sebesar 0,86 dan $\Delta f_{0,8\alpha}$ sebesar 15,0% dengan rata-rata α_n sebesar 0,95 dari parameter awal.
- Perbandingan kurva koefisien absorpsi MPP hirbrid antara hasil optimasi berdasarkan metode CSA pada frekuensi 100-3000 Hz dengan hasil pengukuran didapatkan RMSE sebesar 11,3%.