

ANALISIS PARAMETER AKUSTIK PADA PANEL BERBAHAN BAKU KERTAS *DUPLEX* SEBAGAI ALTERNATIF PELAPIS DINDING

Rifki Irawan^[1], Drs. Suwandi, Msi^[2], Hertiana Bethaningtyas D.K,MT^[3]
^[1,2,3]Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
¹ rifqirawan@gmail.com, ²94640119@ittelkom.ac.id, ³bethaningtyas23@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan akan material akustik pada saat ini mulai berkembang. Material yang biasa digunakan berupa mineral wool. Hanya saja material tersebut masih sulit terjangkau karena harganya yang tinggi. Dari permasalahan tersebut akan dilakukan penelitian pembuatan material papan serat untuk dijadikan sebagai pelapis dinding yang ramah lingkungan. Material akustik tersebut akan dibuat dengan memanfaatkan buangan kertas *duplex* dan perekat *portland cement*. Material akustik dibuat dengan ketebalan 1.5 cm, 2.5 cm, dan 4.0 cm serta tiga nilai rasio perekat:kertas:air, 1:3:24, 1:3:36, dan 1:3:48. Pengujian dilakukan menggunakan tabung impedansi dua *microphone* dengan metode fungsi transfer. Pada pengukuran *range* frekuensi yang digunakan mulai dari 64 Hz-6300 Hz, *range* tersebut menjadi nilai batas frekuensi dari tabung impedansi dua *microphone* yang digunakan. Hasil yang didapat pada ketebalan panel 1.5 cm dengan nilai rasio 1:3:24 memiliki nilai koefisien absorpsi 0.38 dalam *range* frekuensi tinggi. Nilai tersebut lebih baik dibanding dengan ketebalan yang lain. Sedangkan pada ketebalan panel 4.0 cm dengan nilai rasio 1:3:36 memiliki nilai koefisien absorpsi mencapai 0.6 pada *range* frekuensi sedang. Dari keseluruhan panel menunjukkan semakin tinggi frekuensi semakin tinggi nilai koefisien absorpsi yang diuji.

Kata Kunci : Material Akustik, Kertas *Duplex*, Koefisien Absorpsi, Tabung Impedansi

ABSTRACT

Noise around building an ever increasing effect on the demand for materials such as acoustic panels are also increasing. Limited availability of material as well as the purchase price high enough to make the material difficult to obtain. Besides the bad effects of the materials contained in the acoustic material that is commonly used. Of the research will be conducted permasalahan manufacture acoustic board material to serve as an environmentally friendly wallcoverings. The acoustic panels will be made utilizing the duplex paper waste material is then formed into a new acoustic material. Kustik panel is made with a thickness of 1.5cm, 2.5cm, and 4.0cm and three adhesive ratio values: paper: water, 1: 3: 24, 1: 3: 36, and 1: 3: 48. Panel with a thickness of 1.5cm and a value ratio 1: 3: 24 has the highest coefficient 12:38 on the high frequency range. While the panel with a thickness of 4.0cm and the value of the ratio 1: 3: 36 has the highest coefficient value reaches 0.6 at a frequency range spring. Of the whole panel shows the higher the frequency the higher the absorption coefficient values tested. Range measurements taken at frequencies ranging from 64Hz-used 6300Hz, which widened the limit value of the frequency of two-microphone impedance tube used.

Keywords: Acoustic Panel, Duplex Paper, Absorption Coefficient, Impedance Tube

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan material akustik pada saat ini mulai berkembang, material tersebut digunakan sebagai konstruksi yang dapat memberikan kenyamanan akustik. Material akustik yang biasa digunakan berupa material wool diantaranya, glass wool dan rock wool. Hanya saja material tersebut sulit dijangkau oleh masyarakat luas karena harganya yang tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dilakukan pengembangan dengan membuat papan serat berbiaya murah,

memiliki karakteristik akustik, temperatur yang baik, serta ramah lingkungan [1].

Pengembangan material papan serat sudah pernah dilakukan pada penelitian pembuatan material akustik. Penelitian tersebut menggunakan jerami sebagai berbahan baku dengan perekat *portland cement* dan gipsum [2]. Hanya saja terdapat kendala dari penelitian tersebut, kurangnya ketersediaan jerami yang baik, faktor iklim, serta petani juga menggunakannya sebagai pakan ternak.

Salah satu bahan serat yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai material akustik adalah kertas *duplex*. Limbah kertas *duplex* dapat digunakan menjadi salah satu bahan yang memiliki nilai pakai. Berdasarkan data statistik dalam Jurnal Prakarsa Infrastruktur Indonesia, populasi sampah yang dihasilkan di Indonesia sekitar 625 juta liter. 13% dari total populasi sampah tersebut merupakan sampah kertas [3].

Material akustik papan serat merupakan bahan yang digunakan untuk melakukan *treatment* di dalam suatu ruang. Bahan tersebut banyak terdapat pada material karpet, panel akustik, dan *mineral wool*. Dari semua bahan penyerap yang umum digunakan adalah *mineral wool*, bahan tersebut merupakan mineral sintetis yang dibuat dari batu kapur, batu basal, pasir dll. Selain tidak menguntungkan bagi kesehatan manusia, biaya produksi bahan mineral *wool* pun terbilang tinggi.

Dari permasalahan di atas dilakukan penelitian ANALISIS KOEFISIEN ABSORBSI PADA MATERIAL BERBAHAN BAKU KERTAS *DUPLEX* MENGGUNAKAN TABUNG IMPEDANSI. Bahan kertas *Duplex* tersebut dicampur menggunakan bahan perekat *Portland cement* dan air. Target pencapaian nilai koefisien absorpsi mulai dari 0.5 hingga mendekati 1. Proses pengujian nilai koefisien absorpsi dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi dua *microphone*, dengan *range* frekuensi mulai dari 64 Hz-6300 Hz.

1.2. Rumusan Masalah

- Rumusan masalah pada penelitian adalah:
1. Bagaimana kondisi limbah kertas *duplex* yang bisa digunakan?
 2. Bagaimana cara pengujian material akustik berbahan baku kertas *duplex*?
 3. Bagaimana koefisien absorpsi dari material akustik berbahan baku kertas *duplex*?
 4. Bagaimana pengaruh konsentrasi air serta ketebalan terhadap koefisien absorpsi dari kertas *duplex*?

1.3. Batasan Masalah

- Batasan masalah pada penelitian adalah:
1. Material akustik terbuat dari kertas *duplex*, air, dan perekat *portland cement*.
 2. Pembuatan material akustik ini dengan rasio semen:kertas:air, 1:3:24, 1:3:36, 1:3:48 dan ketebalan 1.5 cm, 2.5 cm, dan 4.0 cm.
 3. Pengujian material akustik menggunakan prinsip sudut datang normal.

4. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tabung impedansi dua *microphone* merk BSWA.
5. *Range* frekuensi pengujian pada tabung impedansi 64 Hz – 6300 Hz.

1.4. Tujuan

1. Menguji kemampuan kertas *duplex* dijadikan sebagai bahan pembuatan material akustik.
2. Mengukur nilai koefisien absorpsi dari material akustik berbahan baku kertas *duplex*.
3. Mengetahui nilai koefisien absorpsi menggunakan tabung impedansi.
4. Menganalisis pengaruh konsentrasi air dan ketebalan dari material akustik terhadap nilai koefisien absorpsi.

2. Dasar Teori

2.1. Fenomena Gelombang Pada Medium yang Berbeda

Jika semua variabel akustik adalah fungsi kordinat satu spasial, fasa dari beberapa variabel adalah sebuah konstanta pada bidang tegak lurus dengan kordinat tersebut. Demikian sebuah gelombang disebut bidang gelombang jika sistem kordinat dipilih kemudian bidang gelombang merambat sepanjang sumbu x, penurunan persamaan gelombang

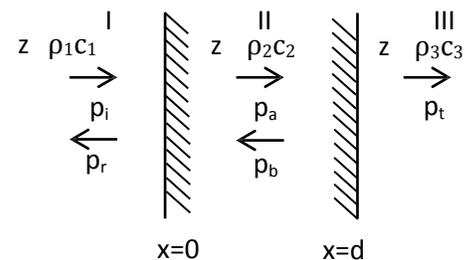
$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \tag{1}$$

Solusi untuk tekanan akustik pada gelombang bidang dari bentuk kompleks pada persamaan sebagai berikut,

$$p(x,t) = A e^{i(\omega t - kx)} \tag{2}$$

2.1.1. Transmisi Pada Pelapis

Diasumsikan terdapat lapisan dengan ketebalan $x=d$ diantara dua medium rambat yang berbeda, dan gelombang datang dengan sudut datang normal terhadap batas, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Gelombang Pantul dan Transmisi Sudut Datang Normal Pada Sebuah Pelapis

Gelombang yang ditransmisikan memiliki frekuensi yang sama dengan gelombang datang, hanya saja kecepatan suara di dalam fluida yang berbeda. Nilai gelombang $k_1 = \omega/c_1$ pada fluida I, $k_2 = \omega/c_2$ pada fluida II, dan $k_3 = \omega/c_3$ pada fluida III. Dengan $z_1, z_2,$ dan z_3 merupakan karakteristik impedansi akustik, $\rho_1, \rho_2,$ dan ρ_3 adalah densitas fluida, dan c_1, c_2, c_3 adalah kecepatan suara pada setiap fluida.

Ketika gelombang datang pada fluida I menuju batas di antara fluida I dan II, sebagian energi dipantulkan dan sebagian lagi ditransmisikan ke dalam fluida II. Sejumlah gelombang yang ditransmisikan akan diproses oleh fluida II yang berkaitan dengan batas antara fluida II dan III, kemudian sebagian energi dipantulkan dan sebagian ditransmisikan. Gelombang yang dipantulkan balik menuju batas diantara fluida I dan II, dan seterusnya proses terjadi berulang-ulang. Gelombang datang dapat dijelaskan menjadi

$$() \tag{3}$$

Berbagai macam gelombang yang ditransmisikan dan dipantulkan dikombinasikan jadi satu, maka dalam kondisi *steady-state* gelombang pantul dalam fluida I dijelaskan sebagai berikut,

$$() \tag{4}$$

gelombang yang ditransmisikan dan dipantulkan pada fluida II berturut-turut

$$() \tag{5}$$

dan

$$() \tag{6}$$

kemudian gelombang yang ditransmisikan ke dalam fluida III

$$() \tag{7}$$

Kontinuitas spesifik akustik impedansi normal pada $x=0$, sebagai berikut

$$\text{---} \text{---} \tag{8}$$

Dengan cara yang sama pada $x=d$

$$\text{---} \text{---} \tag{9}$$

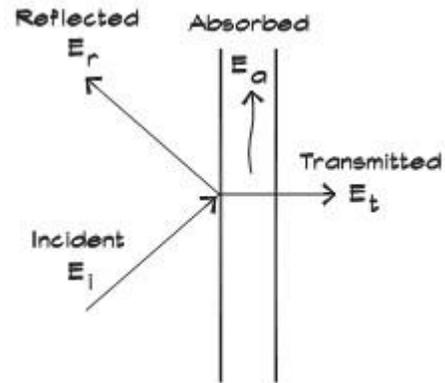
Manipulasi aljabar kemudian menyatakan bentuk koefisien refleksi tekanan

$$\frac{(-)}{(-)} \frac{(- -)}{(- -)} \tag{10}$$

2.1.2. Koefisien Absorpsi dan Transmisi

Penyerapan suara adalah perubahan energi dari energi suara menjadi energi panas. Peristiwa tersebut terjadi setelah gelombang suara melewati permukaan bahan kemudian menggetarkan pori-pori yang ada di dalam bahan tersebut. Kemampuan bahan untuk menyerap suara dapat

diukur dengan koefisien absorpsi, koefisien tersebut dinyatakan oleh α dengan *range* nilai 0 sampai 1. Nilai tersebut menjelaskan bahwa semakin baik nilai koefisien absorpsi akan bernilai 1, begitupun sebaliknya.



Gambar 2.2 Interaksi Gelombang Bunyi dengan Permukaan [6]

Dari gambar 2.2 dijelaskan bahwa E_i adalah energi datang, E_r adalah energi yang dipeantulkan pada permukaan bahan, E_a adalah energi yang diserap oleh bahan, dan E_t adalah energi yang ditransmisikan dari bahan. Untuk mendapatkan nilai koefisien absorpsi dijelaskan sebagai berikut,

$$\text{---} \text{---} \tag{11}$$

Energi datang yang diserap pada batas permukaan adalah koefisien absorpsi (),

$$\text{---} \tag{12}$$

Sedangkan energi yang dipantulkan pada batas permukaan adalah koefisien refleksi (),

$$\text{---} \tag{13}$$

Substitusi ke persamaan 11,

$$\tag{14}$$

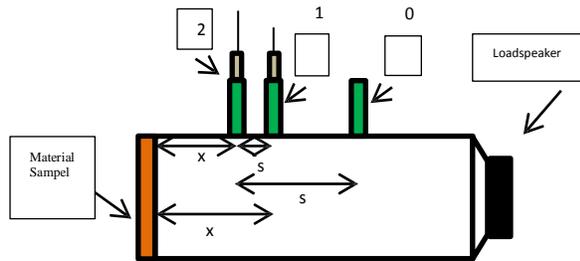
2.2. Metode Pengukuran Koefisien Absorpsi

Untuk menentukan klasifikasi suatu material akustik dibutuhkan hubungan teoritik dengan eksperimen. Tujuannya adalah agar kondisi lingkungan untuk material yang digunakan dapat disesuaikan [7]. Dalam hal penentuan material tersebut terdapat beberapa cara pengukuran yang digunakan, diantaranya tabung impedansi, *reverberation chamber*, dan *dual chamber* yang dapat digunakan untuk mencari nilai koefisien absorpsi. Pada penelitian akan dilakukan pengujian menggunakan tabung impedansi dengan metode gelombang berdiri sudut datang normal. Pemilihan

alat tabung impedansi bertujuan karena lebih mudah dalam penyediaan alat serta biaya yang lebih sedikit dibandingkan dengan metode pengujian yang lain.

Tabung impedansi dua *microphone* digunakan untuk mengukur nilai koefisien absorpsi dari permukaan. Keuntungannya adalah hanya dibutuhkan sampel dengan dimensi yang kecil (diameter dalam *centimeter*). Tabung impedansi lebih banyak digunakan karena lebih praktis dan tidak membutuhkan biaya yang besar. Berbeda dengan pengujian menggunakan *reverberation chamber*, proses pengaplikasiannya lebih sulit dan membutuhkan biaya yang besar [7].

Pada tabung impedansi dua *microphone*, terdapat sumber suara (*speaker*) yang terhubung oleh ujung lainnya dengan material sampel yang akan diuji di dalamnya. Permukaan dibelakang material sampel berbahan keras sebagai batas akhir dari tabung tersebut. Sedangkan *microphone* ditempatkan diantara sumber suara dengan batas permukaan material sampel, posisi tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Skematik Tabung Impedansi dengan Dua *Microphone*

Tabung impedansi menggunakan metode fungsi transfer (ISO 10534-2:1998). Dalam metode tersebut menggunakan dua *microphone* pada slot 1 (x_1) dan slot 2 (x_2). Dari masing-masing titik tersebut diperoleh tekanan suara sebagai berikut,

$$p_1(t) = A e^{j(\omega t - kx_1)} + B e^{j(\omega t + kx_1)} \quad (15)$$

$$p_2(t) = A e^{j(\omega t - kx_2)} + B e^{j(\omega t + kx_2)} \quad (16)$$

dengan mengabaikan faktor waktu, maka fungsi transfer dari dua *microphone* tersebut adalah

Kemudian untuk mendapatkan koefisien refleksi dijelaskan sebagai berikut,

$$\frac{p_1(t)}{p_2(t)} = \frac{A e^{-jkx_1} + B e^{jkx_1}}{A e^{-jkx_2} + B e^{jkx_2}} \quad (18)$$

dengan,

$$\frac{p_1(t)}{p_2(t)} = \frac{A e^{-jkx_1} + B e^{jkx_1}}{A e^{-jkx_2} + B e^{jkx_2}} \quad (19)$$

$$\frac{p_1(t)}{p_2(t)} = \frac{A e^{-jkx_1} + B e^{jkx_1}}{A e^{-jkx_2} + B e^{jkx_2}} \quad (20)$$

Maka koefisien absorpsi suara datang normal dihitung dari

$$| | \quad (21)$$

2.3. Frekuensi Cut Off

Tabung dibuat cukup panjang untuk memastikan terbentuknya gelombang suara bidang diantara sumber suara dan material sampel. *Microphone* ditempatkan pada daerah diantara sumber suara dengan material sampel tersebut. Untuk menentukan batas tertinggi frekuensi dari tabung tersebut, dihitung dengan persamaan berikut

$$f = \frac{c}{2L} \quad (22)$$

$$- \quad (23)$$

Dengan D merupakan diameter dalam tabung, 0.58 adalah konstanta pengali, λ adalah panjang gelombang, f adalah frekuensi di dalam tabung, dan c adalah kecepatan suara (343 m/s). Pada tabung dengan diameter dalam 100 mm, batas frekuensi tertinggi yang didapat sekitar 1989 Hz. Pada tabung impedansi yang digunakan sudah ditentukan sebelumnya batas frekuensi tertinggi sebesar 1600 Hz. Maka dapat dikatakan batas atas frekuensi tersebut masih masuk dalam pendekatan secara teori.

Kemudian untuk menentukan batas frekuensi terendah dari tabung impedansi, bergantung pada jarak antar *microphone* s, Gambar 2.3. Untuk

menentukan batas frekuensi terendah tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$f = \frac{c}{2s} \quad (24)$$

Dengan s adalah jarak antar *microphone*, 0.05 merupakan konstanta pengali, dan λ adalah panjang gelombang. Dari persamaan tersebut diperoleh nilai panjang gelombang, kemudian substitusi ke dalam persamaan 23. Dari tabung yang sama maka batas frekuensi terendah diperoleh sekitar 57 Hz. Hasil tersebut sesuai dengan batas frekuensi yang sudah ditentukan sebelumnya untuk tabung yang digunakan sebesar

$$64 \text{ Hz.} \quad (16)$$

2.4. Tipe Material

Tipe-tipe material yang biasanya digunakan sebagai absorber secara khusus adalah [7] :

1. *Mineral Wool* : Mineral wool terbuat dari material pasir, batu basal, dan kaca daur ulang yang dilelehkan pada suhu yang tinggi.
2. *Foam* (busa) : *Foam* dapat memiliki struktur sel yang terbuak atau pun tertutup. Dengan struktur sel terbuka poros saling berhubungan dan memiliki hasil absorpsi yang signifikan.

- Sedangkan untuk struktur sel tertup sebaliknya.
3. **Material Daur Ulang** : Material ini menggunakan material-material yang dapat didaur ulang.
 4. **Gorden (tirai)** : Gorden atau tirai merupakan material yang biasa digunakan sebagai penyerap berporos. Semakin dalam lipatan akan semakin menghasilkan absorpsi yang baik.
 5. **Karpet** : Karpet merupakan absorber berporos, yang biasanya memiliki proporsi absorpsi yang luas pada frekuensi tinggi di dalam ruang.
 6. **Aerogels** : Material ini merupakan zat padat yang memiliki porositas yang tinggi. Terbuat dari *gel* yang dicairkan kemudian berubah menjadi gas.
 7. **Karbon Aktif** : Material ini mulai diminati dalam bidang akustik untuk meningkatkan kemampuan material akustik. salah satunya pembuat *loadspeaker* sudah menggunakan karbon aktif untuk meningkatkan performasni frekuensi rendah pada *loadspeaker*

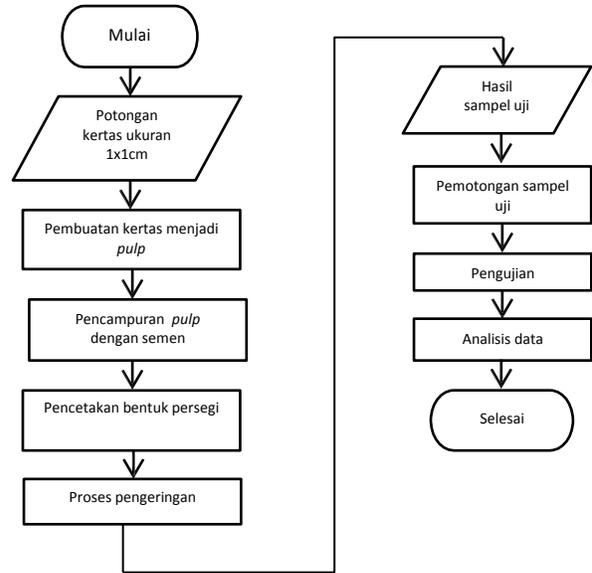
3. Pembuatan Sampel dan Cara Kerja Alat

3.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk proses pembuatan hingga pengukuran selama penelitian diantaranya adalah gunting, timbangan digital (maks. 5kg), *blender*, gelas ukur (maks. 600ml), ember plastik, *screen* sablon ukuran 40cm x 28cm, bak plastik kecil ukuran 30cm x 25cm, penggaris, oven, *mixer*, jangka sorong, 3 cetakan ukuran 25cm x 25cm (variasi ketebalan 1.5cm, 2.5cm, 4.0cm), tatakan plat alumunium, gergaji, mesin gerinda, tabung impedansi diameter 30 mm dan 10 mm. Bahan-bahan yang menjadi variabel utama pembuatan panel serat terdiri dari tiga komponen diantaranya adalah limbah kertas *duplex*, bahan perekat semen Portland, air.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dalam setiap penelitian secara struktur dan sistematis untuk mencapai tujuan dari penelitian tersebut, dijelaskan dalam Gambar 3.1 di bawah ini.

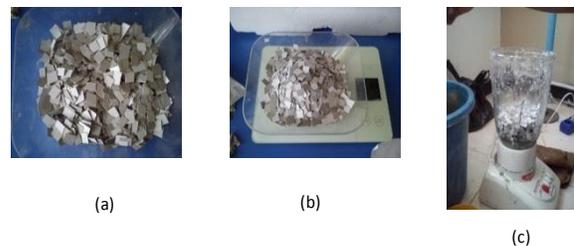


Gambar 3.1 Bagan Diagram Alir Penelitian

3.3. Pembuatan Sampel

3.3.1. Pembuatan Pulp Kertas

Pada tahap awal kertas *Duplex* dipotong menjadi bagian kecil-kecil (sekitar 1x1cm). Hasil potongan tersebut dipisahkan ke dalam wadah agar nantinya lebih mudah untuk dilakukan proses penimbangan. Selanjutnya kertas yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam *blender* dan dicampur dengan air untuk kemudian dibuat menjadi bentuk *pulp*. Pencampuran tersebut berdasarkan Tabel 3.1 dengan tahapan proses seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.2.

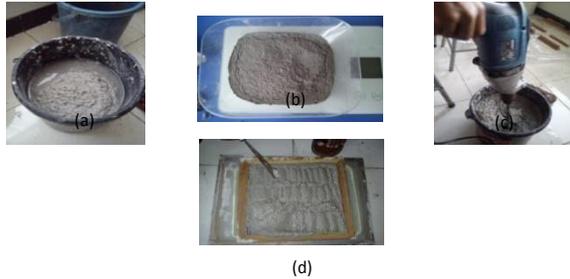


Gambar 3.2 (a) kertas dipotong 1x1cm, (b) kertas ditimbang, (c) kertas dibuat *pulp* menggunakan *blender*

3.3.2. Pencampuran Perekat dan Pencetakan

Selanjutnya hasil campuran berupa *pulp* diberikan semen dan diaduk menggunakan *bor mixer*, dengan tujuan agar material pengikat berupa semen dapat tercampur merata dengan *pulp*. Pada proses pencetakan, *pulp* yang telah tercampur dengan semen dimasukkan ke dalam wadah cetakan sesuai dengan kriteria ukuran ketebalan yang dijelaskan pada batasan masalah. Kemudian *pulp* tersebut diratakan hingga

keseluruhan cetakan terisi, selanjutnya cetakan diangkat dan *pulp* yang telah terbentuk dibiarkan dalam suhu ruangan selama lebih kurang 24 jam. Proses selanjutnya panel dimasukkan ke dalam oven untuk melalui proses pengeringan dengan suhu sekitar 200°C.

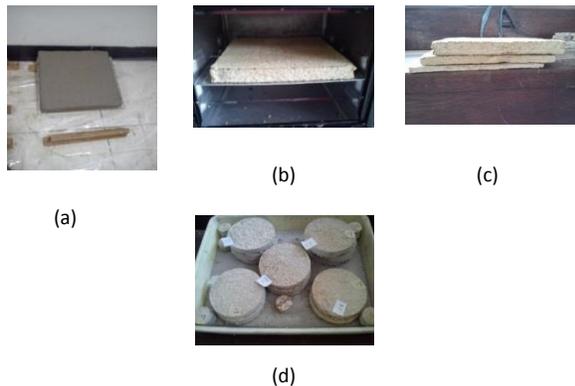


Gambar 3.3 (a) hasil pembuatan *pulp* (b) semen ditimbang, (c) pencampuran kertas dan semen, (d) pencetakan

3.3.3. Proses Pengeringan

Proses pengeringan yang dilakukan menggunakan oven dengan suhu sekitar 200 °C, waktu yang digunakan untuk pengeringan variatif tergantung dengan ketebalan panel yang dikeringkan. Total waktu pengeringan untuk ketebalan 1.5cm selama 3 jam, ketebalan 2.5cm selama 4 jam, dan ketebalan 4cm selama 6 jam. Perbedaan lama pengeringan tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan bentuk yang kuat dari masing-masing ketebalan panel serat. Setelah dikeringkan dengan oven panel disimpan

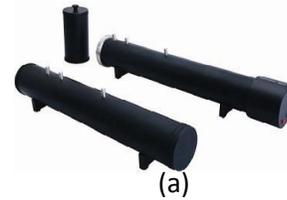
dalam suhu ruang kembali, yang selanjutnya dibentuk silinder sesuai dengan diameter tabung impedansi yang digunakan untuk proses pengujian.



Gambar 3.4 (a) hasil cetakan, (b) proses pengeringan, (c) didiamkan dengan suhu ruangan, (d) pembentukan sampel uji

3.4. Pengukuran dengan Tabung Impedansi

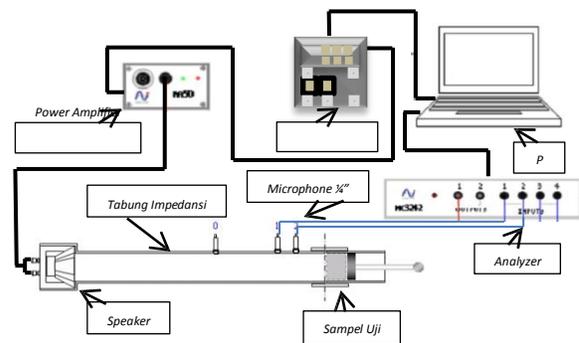
Tabung Impedansi memiliki banyak versi dari bentuk silinder atau ukuran material sampel yang akan diuji. Pengukuran yang dilakukan pada penelitian menggunakan BSWA SW 420 Series memiliki diameter tabung 100mm dengan range frekuensi 63-1600Hz, dan BSWA SW 470 untuk mendapatkan range frekuensi yang lebih luas sekitar 800-6300Hz.



Gambar 3.5 Tabung Impedansi (a) SW 420 [9]

3.4.2. Cara Kerja Sistem Tabung Impedansi

Pada proses pengamplifikasian tabung impedansi dua *microphone*, semua bagian yang telah dijelaskan sebelumnya dipastikan sudah terintegrasi dengan baik seperti yang dijelaskan pada Gambar 3.11, dimana gambar tersebut menjelaskan skematik proses dari pengambilan data yang dilakukan.



Gambar 3.6 Rancangan pengukuran koefisien absorpsi menggunakan tabung impedansi

Pada gambar 3.11 dijelaskan bahwa *Sound Card* diintegrasikan dengan PC menggunakan kabel USB, pengaturan *sound card* tersebut dikontrol dengan *software* yang sudah *terinstall* di dalam PC tersebut. Setelah itu keluaran dari *sound card* dihubungkan dengan *power amplifier*, dimana alat tersebut berfungsi sebagai pembangkit sinyal yang dihasilkan dari *generating signal (sound card)*. *Power Amplifier* dihubungkan dengan *speaker* yang ada pada salah satu sisi tabung impedansi, dimana *speaker* tersebut berperan sebagai media keluaran dari sinyal yang dihasilkan

oleh *sound card*. Suara yang keluar dari *speaker* akan direkam menggunakan 2-unit *microphone*, yang mana *microphone* tersebut terhubung langsung dengan *Analyzer* kemudian data yang terekam oleh *microphone* diolah di dalam PC menggunakan *software* BSWA VA-Lab4 Basic.

Pada proses pengukuran dilakukan pengaturan waktu selama 60 detik, kemudian

posisi *microphone* ditukar dari posisi yang terdekat pada sampel dengan posisi yang terdekat pada sumber suara, selanjutnya dilakukan pengambilan data kembali selama 60 detik. Dua proses tersebut diulang sebanyak tiga kali untuk mendapatkan nilai rata-ratanya. Setelah semua nilai rata-rata dari setiap data pengukuran terkumpul selanjutnya dipilah berdasarkan *range octave band*. Frekuensi

tersebut dibedakan menjadi frekuensi rendah berada pada rentang $\leq 250\text{Hz}$, frekuensi sedang berada pada rentang $500\text{Hz}-1000\text{Hz}$, dan frekuensi tinggi berada pada rentang $\geq 2500\text{Hz}$ ^[13]. Proses tersebut dilakukan untuk mengetahui pada rentang frekuensi mana papan serat tersebut memiliki nilai absorpsi yang baik untuk digunakan. Suatu material dikatakan menyerap dengan baik bila koefisien serap materialnya di atas 0.2. Pernyataan tersebut menjadi tolak ukur untuk mendapatkan papan serat yang memiliki nilai koefisien absorpsi

yang baik.

4. Pembahasan

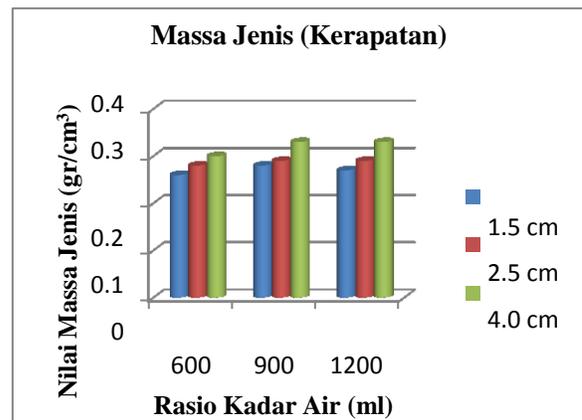
4.1. Penghitungan Massa Jenis / Kerapatan

Massa jenis dihitung untuk mengetahui pengaruh fisis dari bahan terhadap nilai koefisien absorpsi sampel yang diujikan. Dari Gambar 4.1 menunjukkan peningkatan nilai massa jenis yang seragam dari setiap penambahan ketebalan. Hal

tersebut dikarenakan akibat adanya perbedaan nilai volume dari masing-masing ketebalan 1.5 cm, 2.5 cm, dan 4.0 cm. Proses pengambilan data dilakukan dengan cara menghitung masa (*m*) dibagi dengan volume (*v*) dari material sampel yang diujikan.

Dari data yang diperoleh, kerapatan (massa jenis) dari setiap sampel dengan ketebalan yang sama tidak menunjukkan perbedaan nilai yang signifikan. Hal tersebut terjadi karena pada proses pemotongan sampel uji tidak seragam dalam sisi ukuran, sehingga mempengaruhi nilai volume dan massa yang diukur. Variasi nilai kerapatan yang diperoleh diduga karena pada saat pencetakan *pulp* tidak merata di semua bagian cetakan. Hal tersebut berdampak pada massa papan yang tidak merata disetiap bagian. Sesuai dengan pernyataan yang

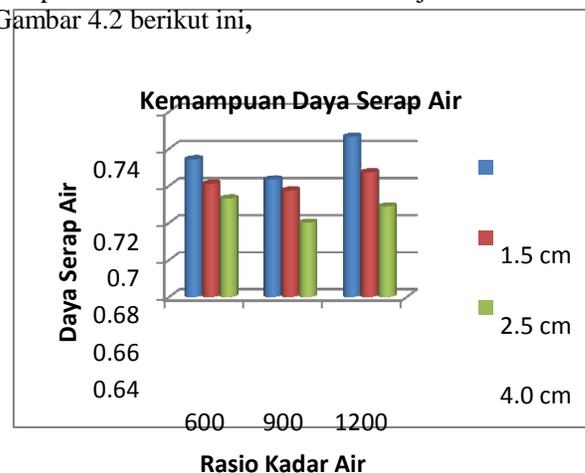
disebutkan, bahwa kerapatan papan partikel tidak semua seragam di sepanjang ketebalan [8].



Gambar 4.1 Data Penghitungan Massa Jenis

4.2.3. Penghitungan Daya Serap Air

Nilai daya serap air dari masing-masing rasio komposisi dan nilai ketebalan ditunjukkan dalam Gambar 4.2 berikut ini,

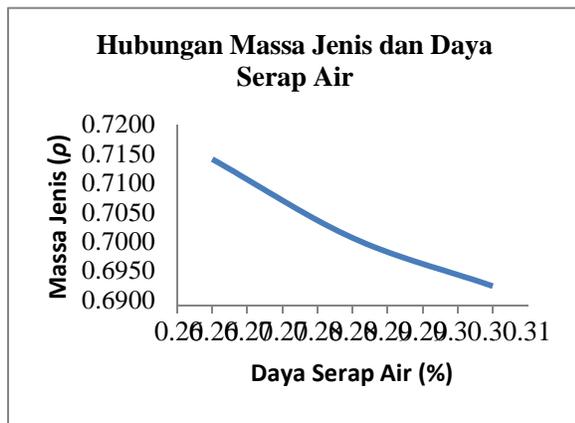


Gambar 4.2 Data Penghitungan Daya Serap Air

Dengan BA ialah berat kering atau berat sebelum direndam, BS ialah berat setelah direndam selama 2 jam, dan DSA ialah kemampuan daya serap air dari panel, yang didapat dengan $\frac{BS-BA}{BS}$. Dari data Gambar 4.2 diperlihatkan bahwa terjadi pengurangan nilai daya serap air pada material sampel uji yang memiliki ketebalan lebih besar atau pada bahan yang mengalami peningkatan nilai massa jenis. Pada nilai rasio 1:3:24 papan serat dengan ketebalan 1.5 cm memiliki nilai daya serap air 0.7143, kemudian pada ketebalan 2.5 cm memiliki nilai daya serap air 0.7011, dan papan serat dengan ketebalan 4.0 cm memiliki nilai daya serap air paling kecil dibandingkan ketebalan lainnya 0.6931. Juga

terjadi pada nilai rasio 1:3:36 dan 1:3:48 dari masing-masing ketebalannya.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa semakin tinggi kerapatan bahan maka nilai daya serap air semakin rendah. Hal tersebut terjadi dikarenakan jumlah partikel pada material akustik dengan kerapatan tinggi lebih banyak dibandingkan dengan papan serat berkerapatan rendah. Sehingga distribusi perekat lebih merata, yang mengakibatkan terjadinya ikatan antar partikel. Berikut dijelaskan pada Gambar 4.4, hubungan massa jenis (kerapatan) terhadap daya serap air dari hasil data pengukuran.



Gambar 4.3 Grafik Daya Serap Air terhadap Massa Jenis Bahan

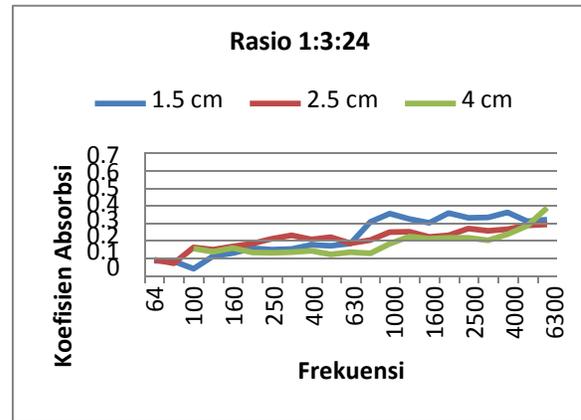
4.2.1. Koefisien Absorpsi

Pengukuran yang dilakukan untuk mencari nilai koefisien absorpsi diperoleh dari tiga variabel pengukuran,

1. Tiga kali pengukuran dari sampel uji yang sama.
2. Pengukuran rasio sampel uji yang sama dari beda papan serat.
3. Pengukuran beda sampel uji dari papan serat yang sama.

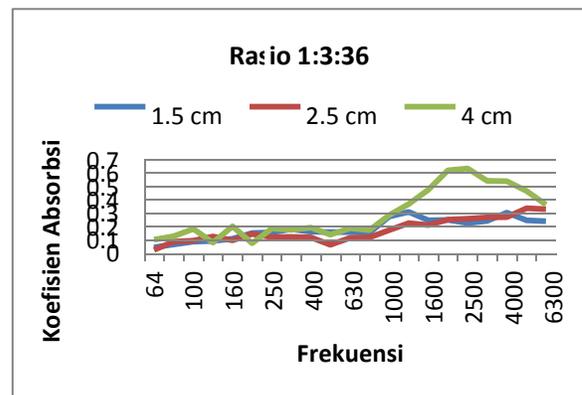
Dari tiga variabel pengukuran di atas nilai koefisien absorpsi yang diperoleh cenderung sama pada masing-masing frekuensi. Pada analisis kali ini akan diperlihatkan pengaruh ketebalan dan nilai rasio terhadap nilai koefisien absorpsi. Penjelasan tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik perbedaan nilai rasio serta perbandingan tiga

ketebalan material akustik yang diujikan.



Gambar (4.2) Grafik Koefisien Absorpsi pada rasio 1:3:24

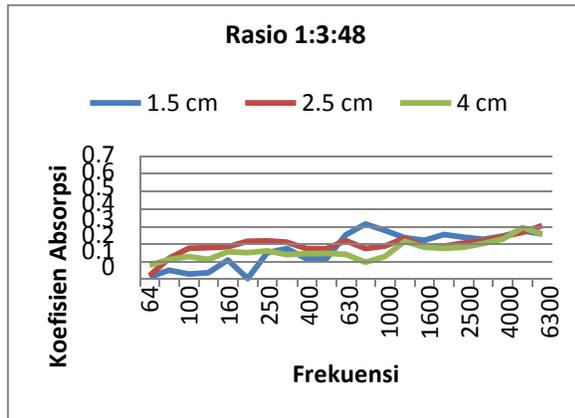
Dari Gambar 4.1 dijelaskan pada *range* frekuensi rendah dibawah 250 Hz papan serat dengan ketebalan 2.5 cm memiliki nilai rata-rata koefisien absorpsi lebih besar, nilai koefisien absorpsi tersebut mencapai 0.23. Sedangkan pada *range* frekuensi sedang 500 Hz-1000 Hz menunjukkan nilai yang beragam, nilai koefisien absorpsi yang di dapat mulai dari 0.14 hingga 0.37. Untuk frekuensi tinggi dengan *range* frekuensi di atas 2500 Hz, papan serat dengan ketebalan 1.5 cm memiliki nilai koefisien absorpsi 0.38. Nilai tersebut lebih tinggi dari nilai ketebalan yang lainnya. Berdasarkan hal tersebut, pada nilai rasio 1:3:24 papan serat dengan nilai ketebalan 1.5 cm memiliki penyerapan yang baik pada frekuensi tinggi.



Gambar 4.2 Grafik Koefisien Absorpsi Pada rasio 1:3:36

Pada Gambar 4.2 menunjukkan hasil nilai koefisien absorpsi yang beragam pada frekuensi rendah dan frekuensi sedang. Sedangkan pada frekuensi sedang nilai koefisien absorpsi pada papan serat dengan ketebalan 4.0 cm naik mulai

dari 0.35-0.6. Berbeda dengan frekuensi tinggi pada nilai ketebalan 4.0 cm memiliki nilai penyerapan yang menurun mulai dari 0.5 hingga 0.38. Dengan demikian dari Gambar 4.2 papan serat memiliki nilai penyerapan baik pada frekuensi sedang dengan nilai ketebalan 4.0 cm.



Gambar 4.3 Grafik Koefisien Absorpsi Pada Rasio 1:3:48

Kemudian dari Gambar 4.3 grafik menunjukkan nilai koefisien absorpsi yang beragam di setiap frekuensi. Material akustik dengan ketebalan 1.5 cm memiliki nilai koefisien absorpsi terbesar pada frekuensi 500 Hz-1000 Hz. Pada papan serat dengan ketebalan 2.5 cm memiliki nilai penyerapan yang baik pada frekuensi mulai dari 2500 Hz-6300 Hz.

Dari hasil pembahasan ketiga gambar grafik, terjadi perbedaan kemampuan material akustik dalam menyerap suara. Dari ketiga nilai rasio yang diujikan cenderung memiliki pola yang sama dalam menyerap suara dari frekuensi rendah ke

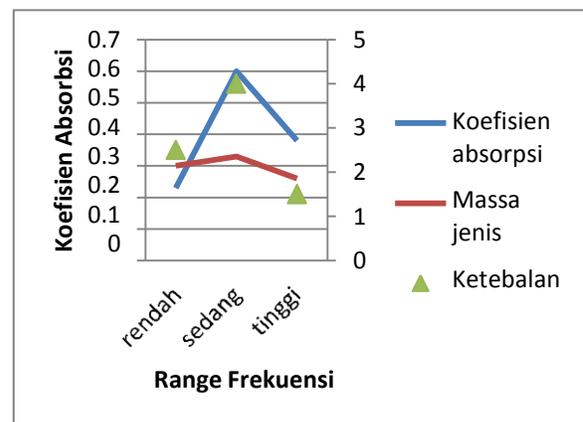
frekuensi tinggi. Selain itu dapat dilihat dari ketiga gambar grafik di atas bahwa pada frekuensi rendah 64 Hz-250 Hz faktor perbedaan ketebalan dan nilai rasio air tidak memengaruhi nilai koefisien absorpsi, semua material akustik menunjukkan nilai koefisien absorpsi yang rendah. Jika dilihat dari ketiga rasio yang diujikan, peningkatan nilai koefisien absorpsi terjadi mulai dari frekuensi 630 Hz-6300 Hz. Dengan demikian maka dapat dikatakan material akustik papan serat tersebut dapat menyerap suara dengan baik pada frekuensi tinggi.

Jika dilihat dari nilai rasio yang diujikan, papan serat dengan nilai kerapatan rendah memiliki nilai penyerapan yang lebih baik dibanding dengan papan serat dengan nilai kerapatan tinggi. Hal tersebut diduga karena pada

papan serat berkerapatan rendah memiliki rongga udara lebih banyak. Semakin rendah nilai kerapatan yang dimiliki material akustik maka semakin banyak rongga-rongga udara yang terbentuk. Akibatnya kemampuan bahan menyerap suara menjadi lebih baik [5].

4.2.4. Hubungan Koefisien Absorpsi dengan Kerapatan

Untuk melihat pengaruh fisis terhadap koefisien absorpsi, dilakukan perbandingan antara nilai koefisien absorpsi dan massa jenis terhadap ketebalan. Pada Gambar 4.5 menjelaskan hasil keterkaitan massa jenis dengan koefisien absorpsi. Pada ketebalan 1.5 cm material akustik memiliki nilai koefisien absorpsi 0.38 dengan range frekuensi 630 Hz-4000 Hz, dan nilai kerapatannya 0.26 gr/cm³. Sedangkan material akustik dengan ketebalan 4.0 cm memiliki nilai koefisien absorpsi tinggi 0.6 pada range frekuensi 800 Hz-1200 Hz dengan nilai kerapatan 0.33 gr/cm³.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Koefisien Absorpsi dan Kerapatan Terhadap Ketebalan

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, serta hubungan dari setiap pengujian. Maka penelitian tugas akhir ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Hasil pengujian menunjukkan terjadi peningkatan nilai koefisien absorpsi dari 0.25 hingga 0.6 pada frekuensi mulai dari 1000Hz ke atas. Nilai tersebut diperoleh dari ketiga rasio dan ketebalan yang diujikan
2. Faktor beda ketebalan dan nilai rasio air dari papan serat yang diujikan tidak mempengaruhi nilai koefisien absorpsi pada

frekuensi di bawah 160Hz, nilai penyerapan dari papan serat tersebut di bawah 0.2

3. Pada pengujian massa jenis (kerapatan), peningkatan nilai kerapatan pada bahan mengurangi kemampuan daya serap air.
4. Pada rasio 1:3:24 nilai kerapatan rendah memiliki nilai penyerapan yang baik di atas

0.2 pada frekuensi 630Hz-4000Hz. Sedangkan pada rasio 1:3:36 nilai kerapatan tinggi memiliki nilai penyerapan baik pada frekuensi 1000Hz-2000Hz

5.2. Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan saran untuk penelitian ke depan, berikut akan dijelaskan dalam poin-poin di bawah ini,

1. Pengaruh jumlah perekat yang digunakan belum bisa dijelaskan secara mendalam, yang mungkin dapat dilakukan penelitian secara khusus untuk kedepannya.
2. Panel akustik dengan kerapatan tinggi bisa ditinjau lebih lanjut untuk memenuhi kemampuan penyerapan yang baik pada frekuensi rendah.
3. Dibutuhkan uji mekanis dari setiap pembuatan sampel sebagai pendukung aplikasi real dari panel akustik.
4. Permukaan material akustik yang memungkinkan untuk dimodifikasi sesuai dengan *standart* material akustik yang lazim.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hari. Ilham. Natalia (2011). "Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Kerapatan, dan Presentase Perekat Terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serap Bunyi Berbahan Dasar Limbah Kertas dan Serabut Kelapa". *Performa*, vol 10, No.2: 89-94
- [2] PRAKARSA (2013). "Manajemen Persampahan". *Jurnal Prakarsa Infrastruktur Indonesia*. Oktober, Edisi 15 Hal: 6
- [3] Siregar, Wahyudin. Penentuan Koefisien Absorpsi Gelombang Bunyi Dari Kertas Kardus. Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau: Tidak Diterbitkan
- [4] Lucky, Iedo K. (2011). Karakteristik Panel Akustik Papan Partikel Bambu Betung (*Dendrocalamus asper* Backer) Berperekat *Isocyanate*. Skripsi Sarjana pada Fakultas Kehutanan IPB: Tidak Diterbitkan
- [5] Long, M (2006). *Architectural Accoustic*. London: Elsevier Academic Press
- [6] Cox, Trevor J. D'Antonio Peter (2009). *Acoustic Absorbers and Diffusers Theory, Design and Application*. New York: Taylor & Francis
- [7] Russell, Daniel A. "Absorbtion Coefficient and Impedance". Science and Mathematics Department, Kettering University, Flint, MI, 48504.
- [8] Russell, Daniel A. "Absorbtion Coefficient and Impedance". Science and Mathematics Department, Kettering University, Flint, MI, 48504.
- [9] Mediastika, C. E. (2008). "Jerami Sebagai Bahan Baku Panel Akustik Pelapis Dinding". *Dimensi Teknik Aritektur*. 36 (1), 20-27.
- [10] Mediastika, C. E. (2008). "Kualitas Akustik Panel Dinding Berbahan Baku Jerami". *Dimensi Teknik Aritektur*. 36 (2), 127-134.
- [11] Fahmi, Ridha (2006). Karakteristik Sampel Panel Akustik Lapis Tunggal dari Bahan Campuran Abu Sekam Padi Larutan Sodium Silikat. Skripsi Sarjana Pada Teknik Fisika Fakultas Teknik Industri ITB: Tidak diterbitkan
- [12] [ASTM] American Society for Testing Material. 1998. STD. ASTM E1050-98. C 384: Standart Test Method for Impedance and Absorbtion of Acoustical Materials Using A Tube, Two Microphones and A Digital Frequency Analysis System. Amerika