

ANALISIS PARAMETER JARINGAN PADA FENOMENA EFEK KACANG BRAZIL CAMPURAN BINER SISTEM BUTIRAN DUA DIMENSI



MUHAMMAD IQBAL RAHMADHAN PUTRA

Kelompok Keahlian Fisika Nuklir dan Biofisika
Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2019

SIDANG TUGAS AKHIR II

Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat. Sparisoma Viridi S.Si.
Dosen Penguji 1 : Dr.Eng. Dwi Irwanto S.Si.,M.Si.
Dosen Penguji 2 : Dr. Fourier Dzar Eljabbar S.Si.,M.Si.

ABSTRAK

Efek Kacang Brazil (EKB) merupakan salah satu fenomena yang dapat diamati pada campuran biner sistem butiran yakni ketika dua jenis butiran digetarkan secara vertikal maka kedua jenis butiran cenderung untuk tersegregasi secara parsial atau sepenuhnya, pada penelitian sebelumnya telah diamati bahwa butiran yang memiliki ukuran lebih besar (volume atau massa) naik ke bagian atas. Metode yang digunakan untuk mengkarakterisasi kondisi di tiap waktu selama proses segregasi telah dilakukan secara global yakni dengan menentukan koefisien segregasi dan menghitung pusat massa dari sistem. Kedua metode tersebut hanya dapat menggambarkan kondisi sistem secara global, namun tidak untuk sampai pada skala meso. Untuk dapat mengkarakterisasi sistem untuk skala global dan meso di tiap waktu digunakan analisis jaringan yang telah digunakan pada analisis sistem butiran dengan diberikan kompresi. Pada penelitian tugas akhir ini dilakukan pengkarakterisasian kondisi sistem butiran dengan berbagai kondisi awal pada tiap waktu selama proses segregasi akibat EKB terjadi. Metodologi dari penelitian terbagi menjadi tiga, yakni; (1) eksperimen untuk pengambilan citra kondisi sistem butiran, (2) pengolahan citra untuk ekstraksi jaringan, dan (3) analisis jaringan untuk mendapatkan parameter jaringan.

Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua macam kondisi awal, yakni konfigurasi rapat dan konfigurasi jarang. Selain itu juga dilakukan variasi terhadap nilai frekuensi dan amplitudo getaran yang membentuk percepatan ternormalisasi. Parameter jaringan yang dihitung adalah densitas jaringan, sentralitas keantaraan, dan jumlah komunitas yang merupakan hasil dari optimasi modularitas. Hasil perhitungan menunjukkan kecenderungan yang berbeda dari dua macam konfigurasi awal untuk tiap parameter jaringan. Selanjutnya dicari nilai koefisien korelasi dari masing-masing parameter jaringan terhadap koefisien segregasi yang menunjukkan bahwa densitas jaringan memiliki korelasi linear yang kuat dengan koefisien segregasi dibandingkan parameter jaringan lainnya.

Kata kunci : sistem butiran, Efek Kacang Brazil, analisis jaringan, densitas jaringan, sentralitas keantaraan, modularitas

GARIS BESAR

Pendahuluan



Landasan Teori



Metode



Hasil dan Pembahasan



Simpulan dan Saran

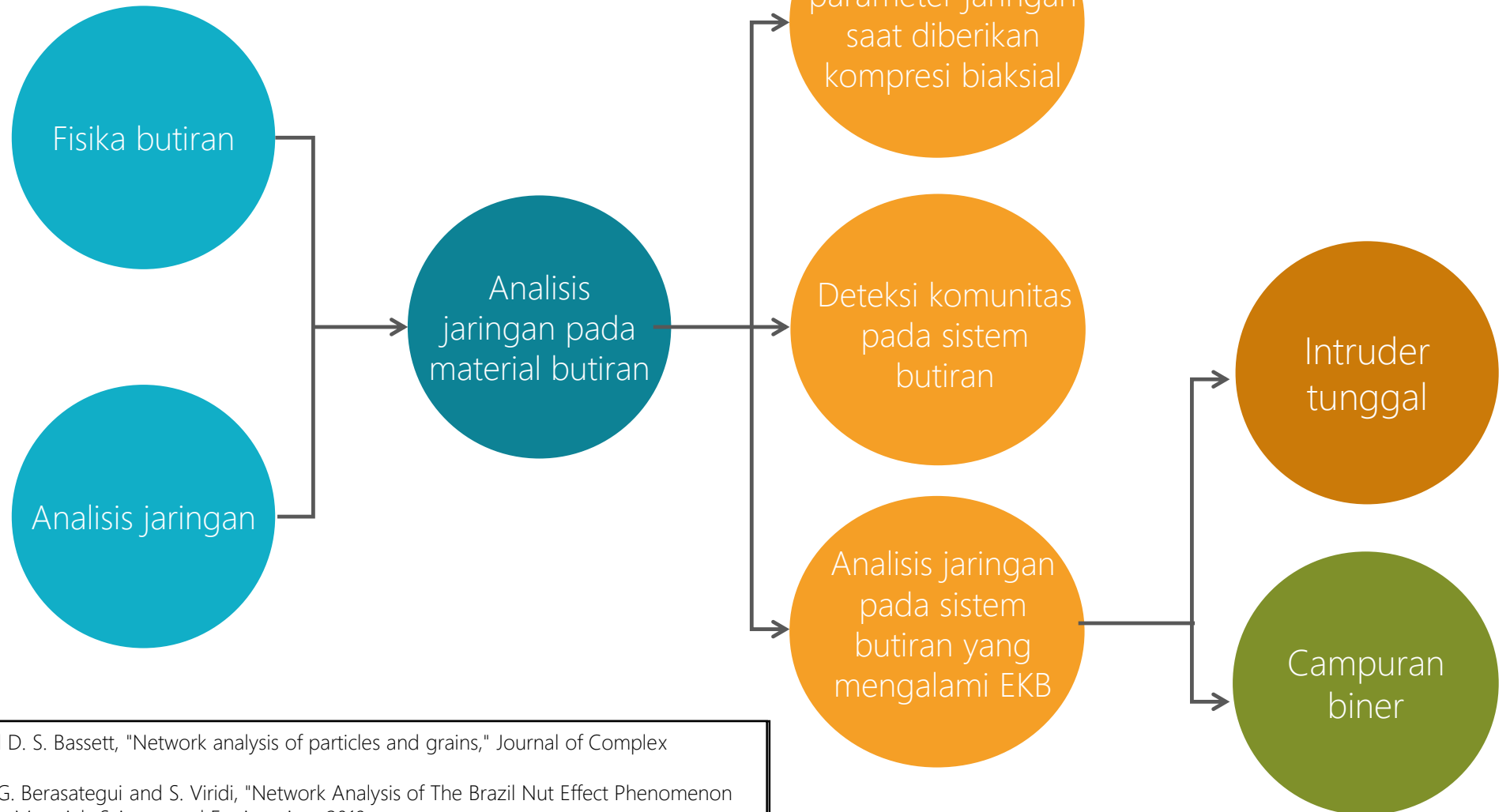


PENDAHULUAN

Pentingnya Material Butiran

Material butiran merupakan bahan yang kedua paling banyak digunakan setelah air.

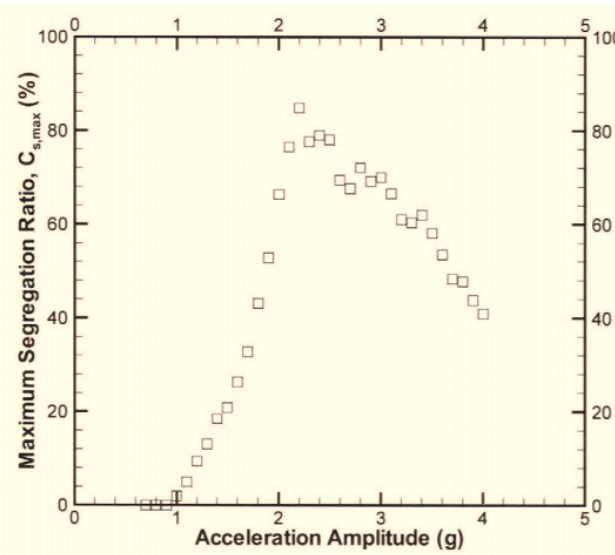
10 % energi digunakan pada proses pencampuran, pemisahan, dan pembentukan formasi material butiran



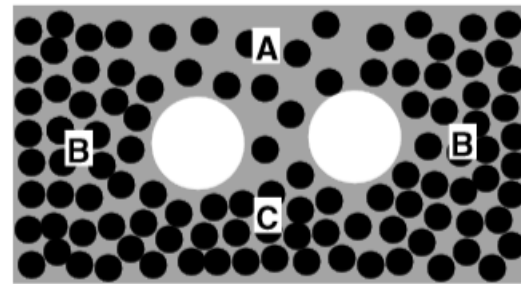
- L. Papadopoulos, M. A. Porter, K. E. Daniels and D. S. Bassett, "Network analysis of particles and grains," Journal of Complex Networks, vol. 6, pp. 485--565, 2018.
- M. I. R. Putra, A. Rudiawan, W. Andariwulan, R. G. Berasategui and S. Viridi, "Network Analysis of The Brazil Nut Effect Phenomenon with a Single Intruder," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019.

Pendahuluan : Beberapa penelitian sebelumnya

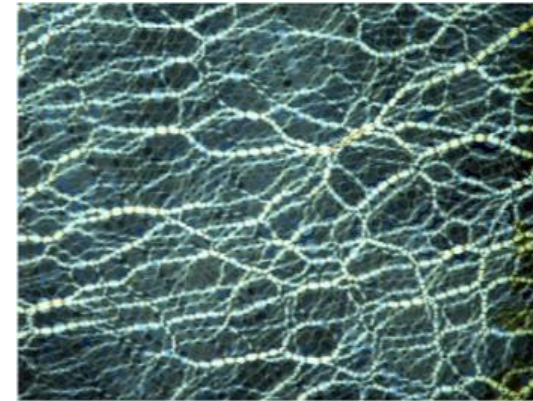
Perhitungan terhadap koefisien segregasi



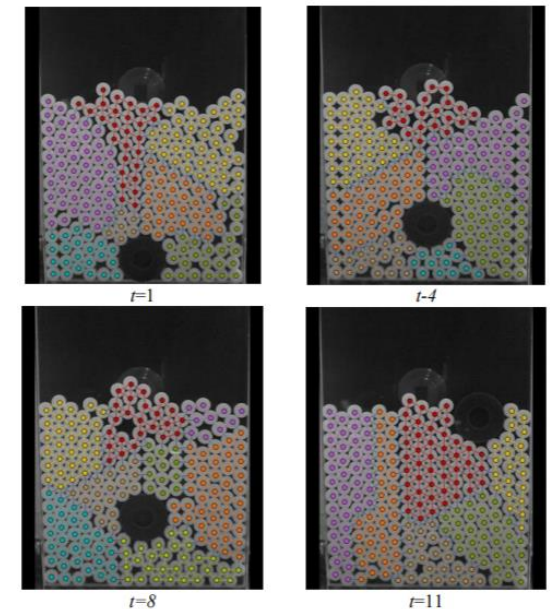
Pengamatan kecenderungan intruder berkelompok



Pengamatan gaya berantai pada butiran terkompresi



Penentuan struktur komunitas pada EKB intruder tunggal



- S.-S. Hsiau and J.-I. Wang, "Segregation processes of a binary granular mixture in a shaker," Advanced Powder Technology, vol. 10, pp. 245-235, 1999.
- D. A. Sanders, M. R. Swift, R. Bowley and P. King, "Are Brazil nuts attractive?," Physical review letters, 2004
- R. Behringer, D. Bi, B. Chakraborty, A. Clark, J. Dijksman, J. Ren and J. Zhang, "Statistical properties of granular materials near jamming," Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, p. P06004, 2014.
- M. I. R. Putra, A. Rudiawan, W. Andariwulan, R. G. Berasategui and S. Viridi, "Network Analysis of The Brazil Nut Effect Phenomenon with a Single Intruder," in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019.

Pendahuluan : Tujuan penelitian

Tujuan Penelitian

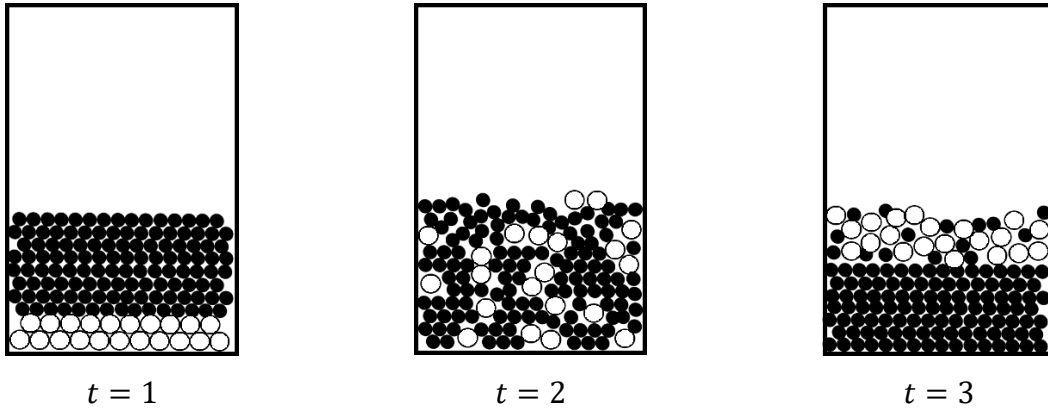
- a) Menentukan **set eksperimen** yang tepat berdasarkan hasil pengujian penyangga.
- b) Menentukan **proses pengolahan citra** hasil eksperimen beserta parameter yang tepat.
- c) Mendapatkan kecenderungan perubahan nilai **parameter jaringan** terhadap kondisi fisis sistem butiran pada kondisi awal tertentu.
- d) Mendapatkan **koefisien korelasi** antara parameter-parameter jaringan terhadap koefisien segregasi.

Ruang Lingkup Kajian

- a) Model butiran pseudo-dua dimensi.
- b) Metode pengambilan data saat eksperimen dilakukan secara diskrit diasumsikan memberikan hasil yang konsisten dengan pengambilan data secara kontinu.
- c) Pada hasil eksperimen campuran biner yang menjadi objek pembahasan adalah butiran **intruder** (yang memiliki ukuran lebih besar) sedangkan **bed** (yang memiliki ukuran lebih kecil) dianggap sebagai sistem.

LANDASAN TEORI

EKB pada Campuran Biner



Koefisien Segregasi

$$Z_s = \frac{N_u - N_l}{N_u + N_l}$$

Z_s : koefisien segregasi
 N_u : jumlah intruder di atas
 N_l : jumlah intruder di bawah

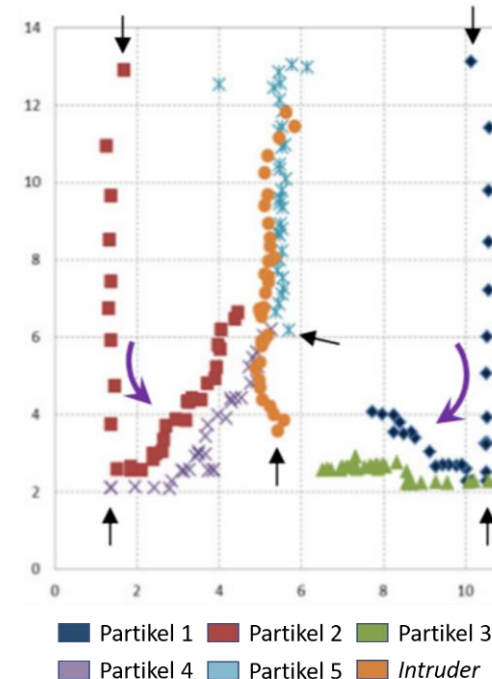
Percepatan Ternormalisasi

$$\Gamma = \frac{A(2\pi f)^2}{g}$$

Γ : percepatan ternormalisasi
 A : amplitudo (m)
 f : frekuensi (Hz)
 g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Mekanisme Segregasi

- Konveksi ($\Gamma > 1$ dan frekuensi rendah)
- Fluidisasi tanpa konveksi ($\Gamma > 1$, frekuensi tinggi, dan amplitudo kecil)
- Void filling*, reorganisasi butiran dengan energi yang cukup



- A. Rosato, K. J. Strandburg, F. Prinz and R. H. Swendsen, "Why the Brazil nuts are on top: Size segregation of particulate matter by shaking," *Physical Review Letters*, p. APS, 1987.
- H. Wibowo, T. Ain, Y. Nugraha, D. Aji, S. Khotimah and S. Viridi, "Experimental study of granular convection in (real) two-dimension Brazil-nut effect," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 739, no. 1, p. 012053, 2016.

Landasan Teori: Gaya-gaya yang bekerja

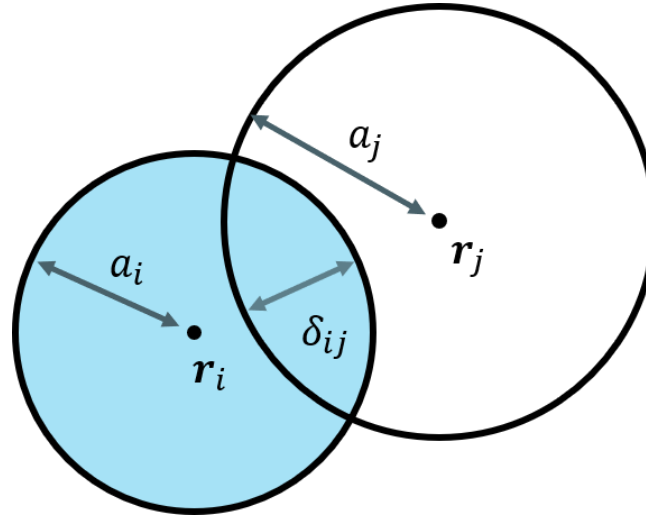
Gaya Normal Antar Butiran

$$\delta_{ij} = a_i + a_j - |\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|$$

$$\mathbf{v}_{nij} = ((\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_j) \cdot \mathbf{n}_{ij}) \mathbf{n}_{ij}$$

$$m_{eff} = \frac{m_i m_j}{m_i + m_j}$$

$$\mathbf{F}_{nij} = k_n \delta_{ij} \mathbf{n}_{ij} - \gamma_n m_{eff} \mathbf{v}_{nij}$$



Gaya Normal Antara Butiran dan Dinding

$$m_{eff} = \lim_{m_w \rightarrow \infty} \left(\frac{m_i m_w}{m_i + m_w} \right)$$

$$m_{eff} = m_i$$

$$\mathbf{F}_{wik} = k_n \delta_{ik} \mathbf{n}_{ik} - \gamma_n m_i \mathbf{v}_{nik}$$

Gaya Total yang Bekerja

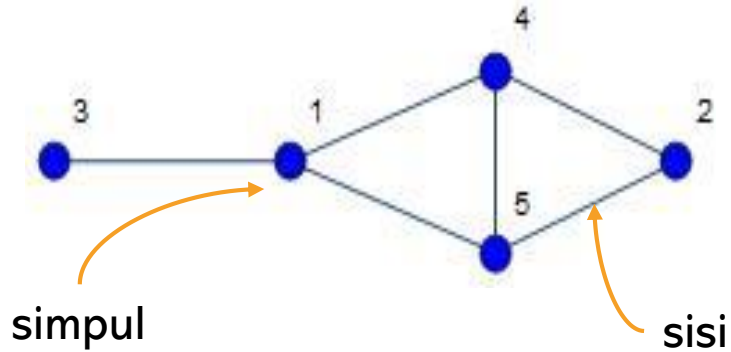
$$\mathbf{F}_i^{tot} = m_i \mathbf{g} + \sum_j \mathbf{F}_{nij} + \sum_k \mathbf{F}_{wik} - b \mathbf{v}_i$$

- δ_{ij} : Besar *overlap* antara butiran i dan j (m)
 \mathbf{v}_{nij} : Kecepatan normal relatif butiran i dan j
 m_{eff} : Massa efektif (kg)
 k_n : Koefisien kekakuan pegas butiran (N/m)
 γ_n : Koefisien viskositas butiran (s^{-1})
 \mathbf{g} : Medan gravitasi bumi (m/s^2)
 b : Konstanta friksi udara

- L. E. Silbert, D. Ertas, G. S. Grest, T. C. Halsey, D. Levine, and S. J. Plimpton, Phys. Rev. E 64, 051302 (2001)

Landasan Teori: Jaringan

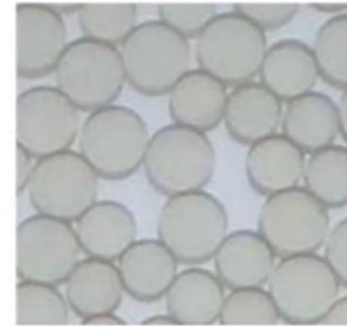
Jaringan Tak-berbobot dan Tak-berarah



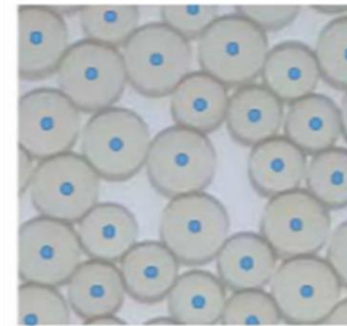
$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jika simpul } i \text{ dan } j \text{ saling terhubung} \\ 0, & \text{jika simpul } i \text{ dan } j \text{ tidak saling terhubung} \end{cases}$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

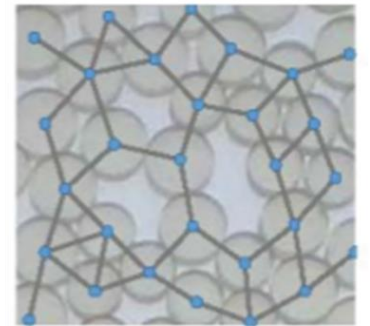
Representasi Butiran sebagai Jaringan



(a)



(b)



(c)

Parameter jaringan yang dihitung:

- a) Densitas jaringan
- b) Sentralitas keantaraan
- c) Komunitas berdasarkan modularitas

- D. M. Walker and A. Tordesillas, "Topological evolution in dense granular materials: a complex networks perspective," *International Journal of Solids and Structures*, vol. 47, pp. 624--639, 2010.
- L. Papadopoulos, M. A. Porter, K. E. Daniels and D. S. Bassett, "Network analysis of particles and grains," *Journal of Complex Networks*, vol. 6, pp. 485--565, 2018.
- A. Clauset, M. E. Newman and C. Moore, "Finding community structure in very large networks," *Physical review E*, vol. 70, p. 066111, 2004.

Landasan Teori: Jaringan

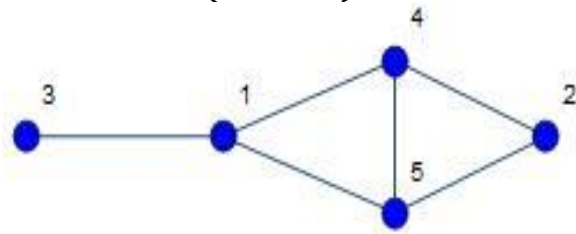
Derajat dan densitas jaringan

- Dalam konteks sistem butiran, derajat dapat diartikan sebagai banyaknya partikel yang kontak dengan partikel yang ditinjau atau biasa diketahui sebagai bilangan koordinasi
- Densitas jaringan merupakan rasio antara jumlah sisi yang terdapat pada jaringan dan jumlah sisi maksimum yang mungkin ada pada jaringan tersebut.

$$k_i = \sum_{j=1}^N A_{ij}$$

k_i : derajat lokal simpul i
 A : matriks ketetanggaan
 N : jumlah simpul
 D : densitas jaringan

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N k_i}{N(N-1)}$$



Simpul ke-	Derajat (k_i)
1	3
2	2
3	1
4	3
5	3
Total	12
Jumlah sisi	6
Densitas	0.3

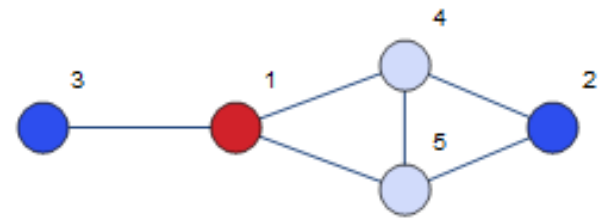
Sentralitas Keantaraan

Sentralitas keantaraan merupakan perbandingan banyaknya jalur terpendek yang melewati simpul i dengan keseluruhan jalur terpendek

$$B_i = \sum_{g,h;g \neq h} \frac{\psi_{gh}(i)}{\Psi_{gh}}, i \in \{g,h\}$$

$\psi_{gh}(i)$: jalur terpendek yang melewati simpul i
 Ψ_{gh} : seluruh jalur terpendek
 B_i : sentralitas keantaraan i
 $\langle B \rangle$: sentralitas keantaraan global

$$\langle B \rangle = \sum_{i=1}^N B_i$$



Simpul ke-	Koefisien Klusterisasi
1	0.5
2	0
3	0
4	0.166667
5	0.166667
Total	2.665
$\langle B \rangle$	0.16667

Modularitas

- Modularitas Q didefinisikan sebagai jumlah sisi yang berada dalam jaringan dikurangi dengan jumlah yang diharapkan dalam jaringan yang sama dengan sisi yang ditempatkan secara acak.

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left(\left(A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(c_i, c_j) \right)$$

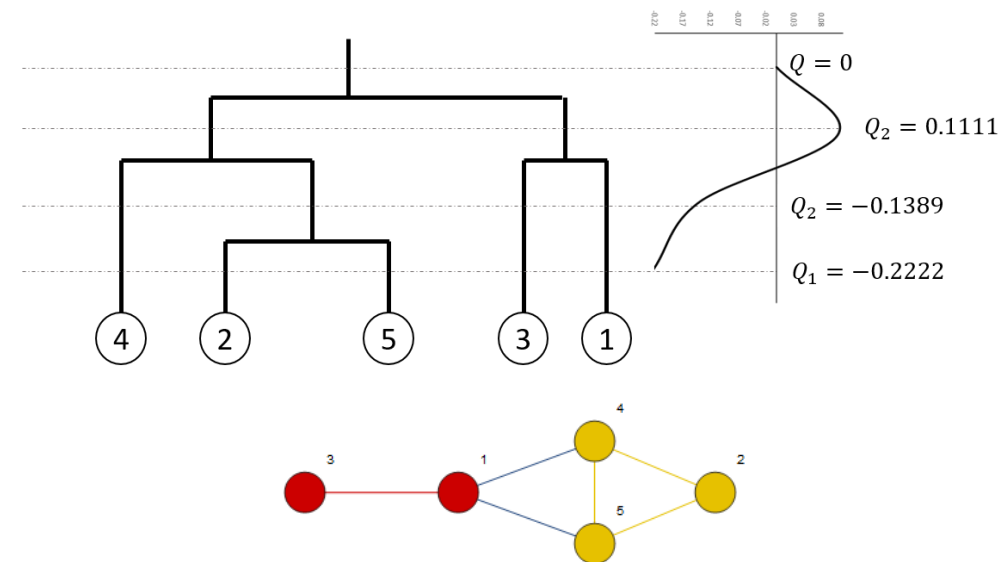
$$e_{pq} = \frac{1}{2m} \sum_{ij} A_{ij} \delta(c_i, p) \delta(c_j, q) \quad a_p = \frac{1}{2m} \sum_i k_i \delta(c_i, p)$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \sum_p \delta(c_i, p) \delta(c_j, p) \\ &= \sum_p \left[\frac{1}{2m} \sum_{i,j} A_{ij} \delta(c_i, p) \delta(c_j, p) - \frac{1}{2m} \sum_i k_i \delta(c_i, p) \frac{1}{2m} \sum_j k_j \delta(c_j, p) \right] \\ &= \sum_p (e_{pp} - a_p^2) \end{aligned}$$

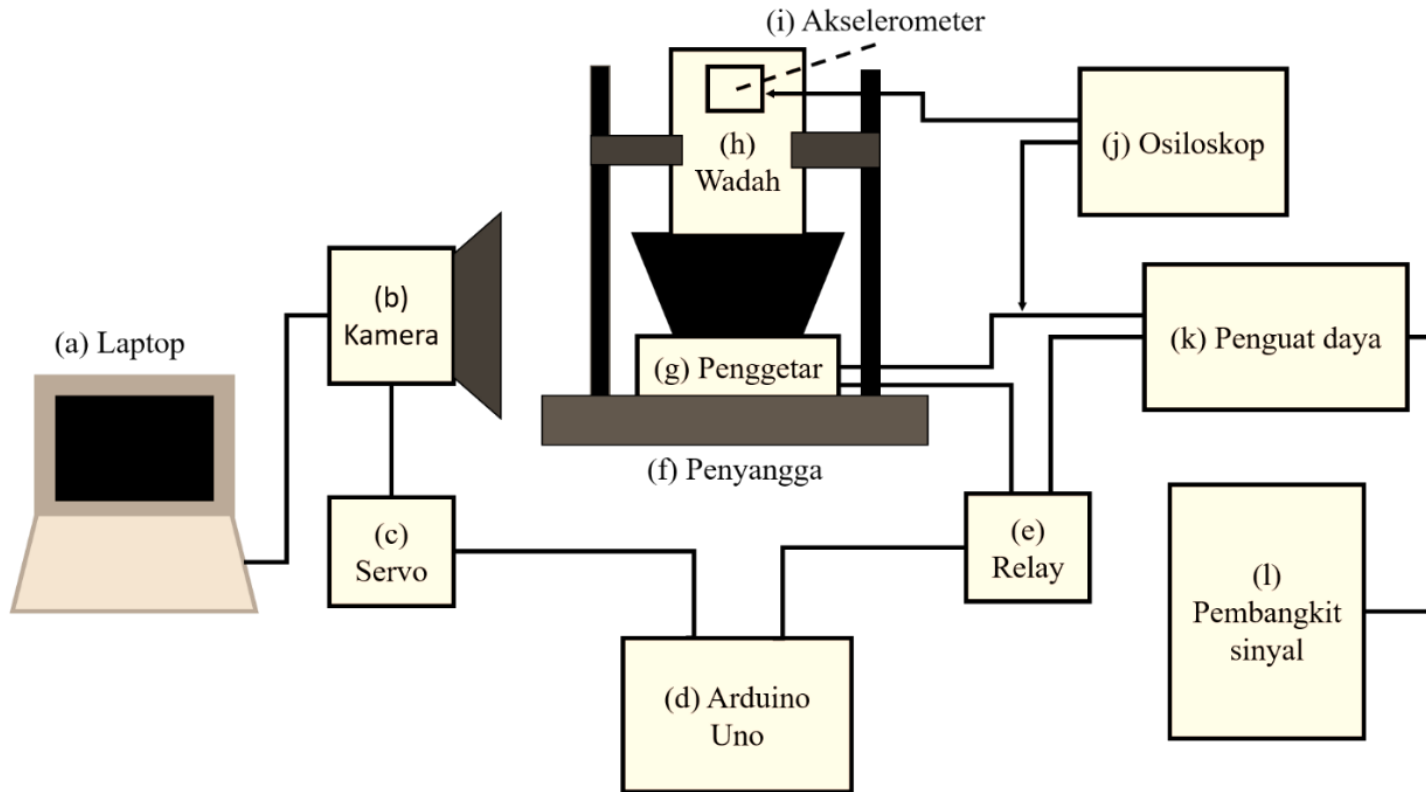
$$\Delta Q = e_{pq} + e_{qp} - 2a_p a_q$$

Algoritma Greedy Optimization

- Pisahkan tiap simpul secara tunggal menjadi N_{com} komunitas.
- Hitung besar ΔQ untuk semua kemungkinan penggabungan pasangan komunitas.
- Gabungkan pasangan yang memiliki kenaikan Q yang paling besar.
- Ulangi langkah 2 dan 3 hingga semua komunitas bergabung menjadi 1 komunitas.
- Potong-silang dendrogram ketika Q maksimum. Nilai Q dapat berubah seperti pada gambar sehingga perlu dipilih nilai Q maksimum yang diperoleh selama proses.

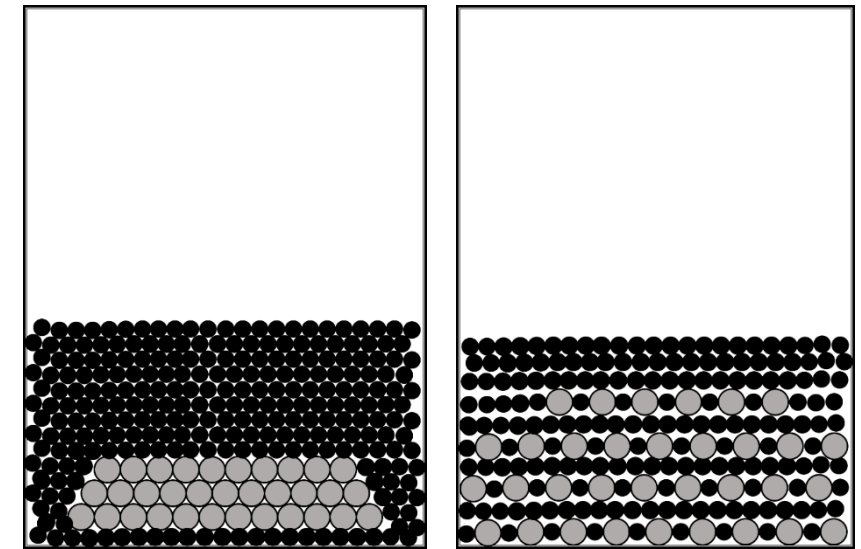


Set Eksperimen



Set eksperimen berupa; (a) laptop, (b) kamera, (c) servo, (d) Arduino Uno, (e) relay, (f) penyangga, (g) penggetar, (h) wadah butiran, (i) akselerometer, (j) osiloskop, (k) penguat daya, dan (l) pembangkit sinyal.

Konfigurasi Awal Sistem Butiran



Konfigurasi awal
rapat

Konfigurasi awal
jarang

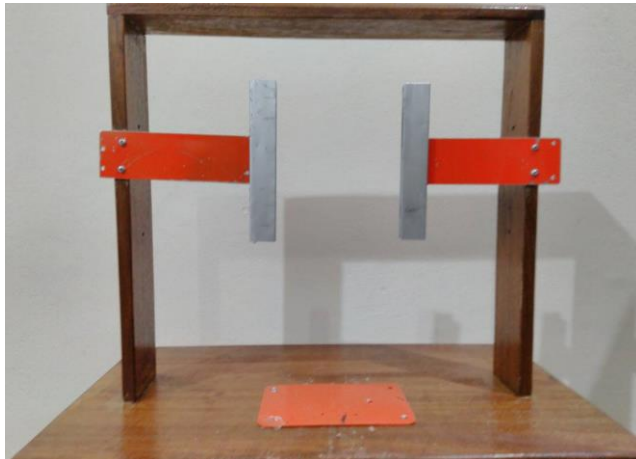
Spesifikasi	Bed	Intruder
Massa (g)	0.0357	0.0868
Diameter (mm)	4.035	6.560
Ketebalan (mm)	2.00	2.00

Metode: Eksperimen dan Pengambilan Data

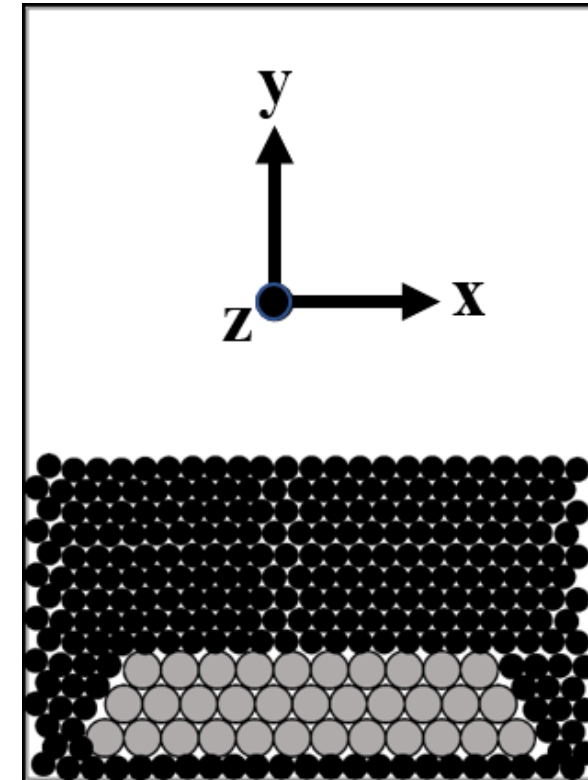
Pengujian Vibrasi dengan Penyangga

- Menguji pengaruh penyangga dalam meminimalisir vibrasi selain vertikal menggunakan akselerometer..
- Dua pengujian:
 - Pengujian amplitudo vibrasi ($f = 15.43 \text{ Hz}$)
 - Pengujian frekuensi vibrasi ($V_{rms} = 200 \text{ mV}$)
- Dibaca menggunakan osiloskop dengan LPF (*low pass filter*)

Tampilan penyangga yang digunakan

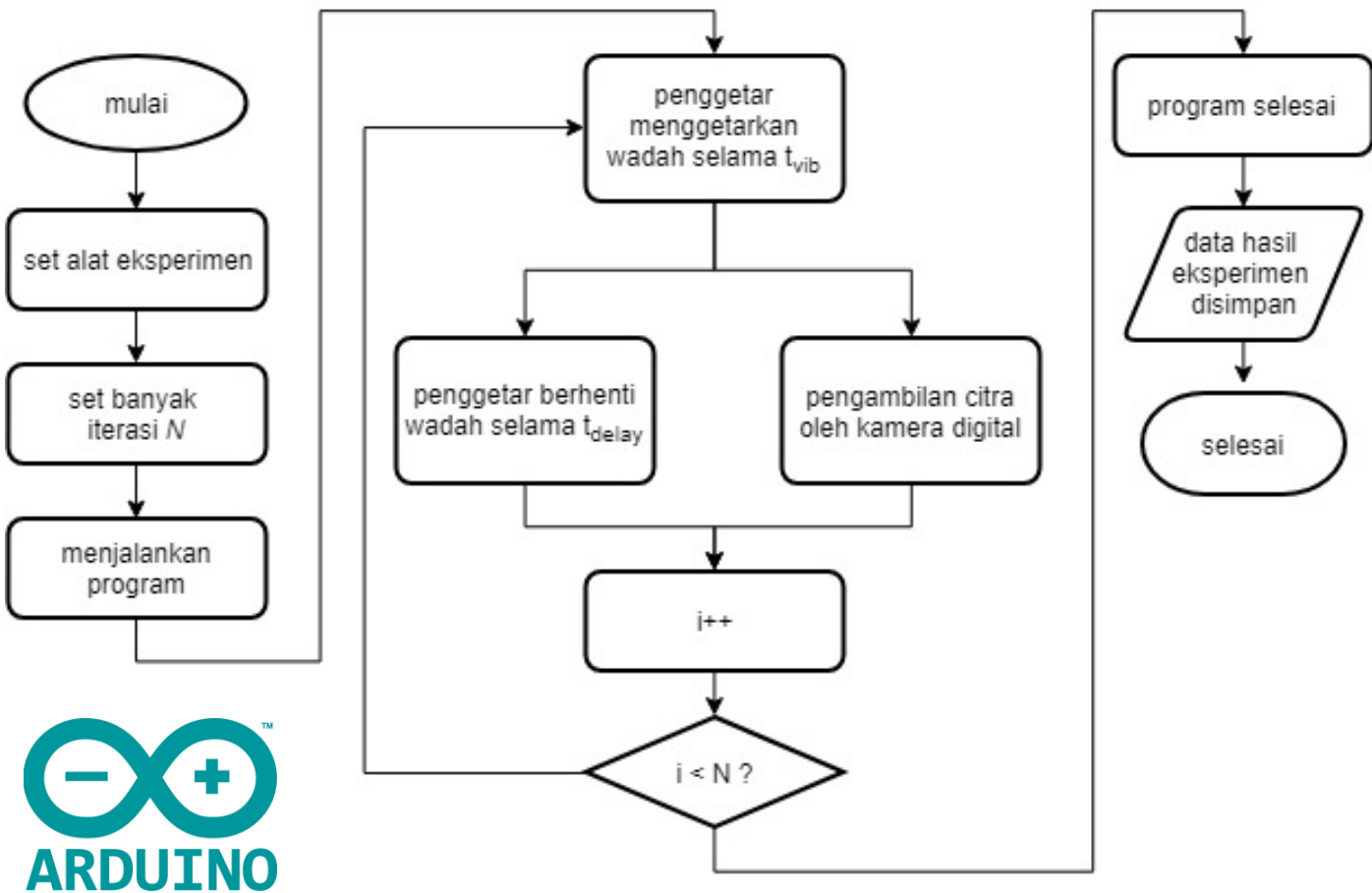


Sumbu Koordinat Relatif Sensor



Metode: Eksperimen dan Pengambilan Data

Alur Kerja Eksperimen



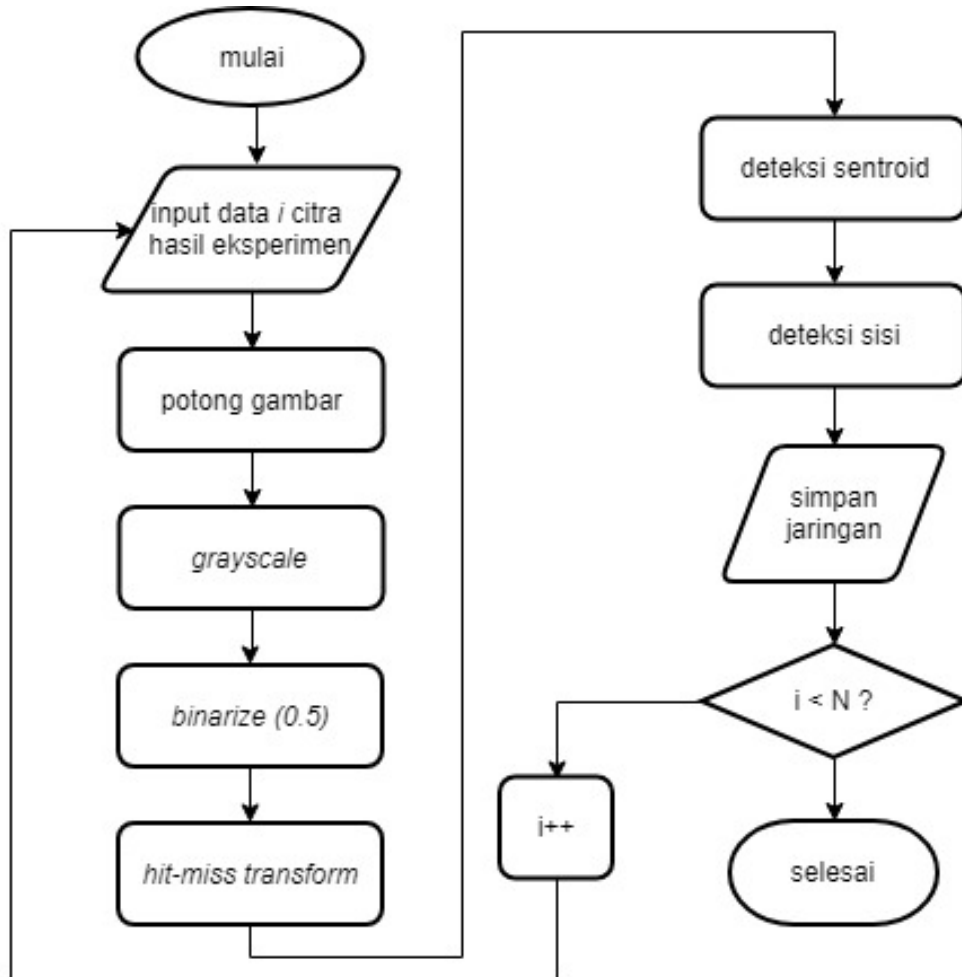
Variasi Getar dan Parameter Waktu

Variasi getar ke-	Frekuensi (Hz)	Amplitudo (cm)	Γ
1	11.0000	0.6000	2.9246
2	15.0000	0.4000	3.6256
3	11.0000	0.9000	4.3869
4	13.0000	0.6500	4.4252
5	15.0000	0.5000	4.5320
6	13.0000	0.8000	5.4464

Parameter	Nilai
t_{vib}	3 detik
t_{delay}	1 detik
$N_{iterasi}$	40 kali
Total t_{vib}	120 detik
Total $t_{iterasi}$	160 detik

Metode : Pengolahan citra dan analisis jaringan

Alur Pengolahan Citra



Analisis Jaringan

Urutan perhitungan parameter jaringan adalah:

1. Perhitungan koefisien segregasi
2. Perhitungan jumlah simpul dan sisi
3. Perhitungan densitas jaringan
4. Perhitungan sentralitas keantaraan
5. Pembentukan struktur komunitas berdasarkan algoritma *greedy optimization*
6. Perhitungan jumlah komunitas
7. Nilai-nilai disimpan sebagai *list*



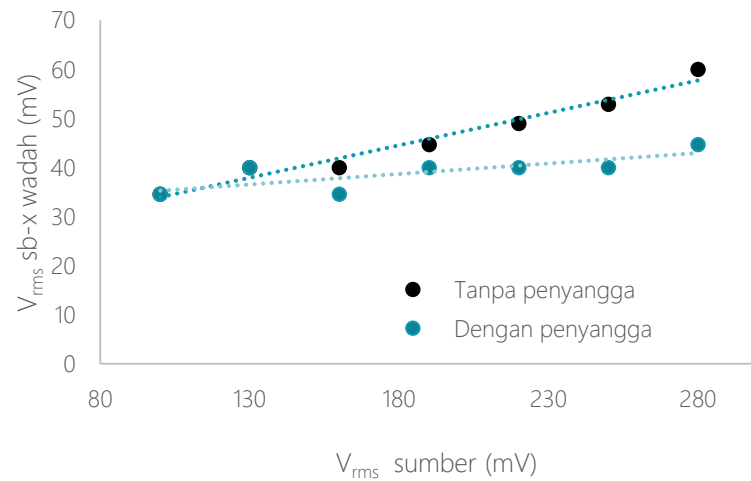
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian V_{rms} Vibrasi dengan Penyangga

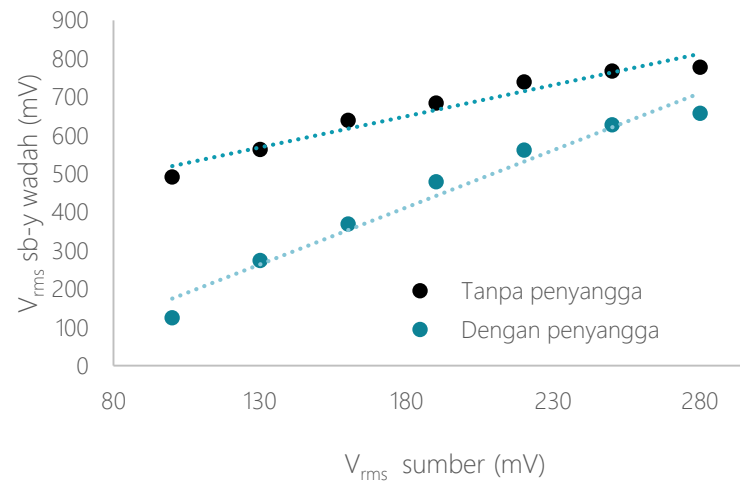
No	Sumber		Tanpa penyangga			Dengan penyangga		
	Frekuensi (Hz)	V_{rms} Sumber (mV)	V_{rms} Sb-x (mV)	V_{rms} Sb-y (mV)	V_{rms} Sb-z (mV)	V_{rms} Sb-x (mV)	V_{rms} Sb-y (mV)	V_{rms} Sb-z (mV)
1	15.43	100.00	34.60	492.00	49.00	34.60	125.00	34.60
2	15.43	130.00	40.00	564.00	60.00	40.00	275.00	34.60
3	15.43	160.00	40.00	640.00	66.30	34.60	370.00	44.70
4	15.43	190.00	44.70	685.00	80.00	40.00	480.00	60.00
5	15.43	220.00	49.00	740.00	87.20	40.00	562.00	56.60
6	15.43	250.00	52.90	768.00	84.90	40.00	628.00	77.50
7	15.43	280.00	60.00	778.00	89.40	44.70	658.00	89.00
Koefisien korelasi			0.991	1	0.9643	0.7769	1	0.955
Rata-rata			45.88	666.71	73.83	39.13	442.57	56.71
Persentase pengaruh penyangga			-	-	-	14.73%	33.63%	23.18%

Hasil dan Pembahasan: Hasil pengujian vibrasi dengan penyangga

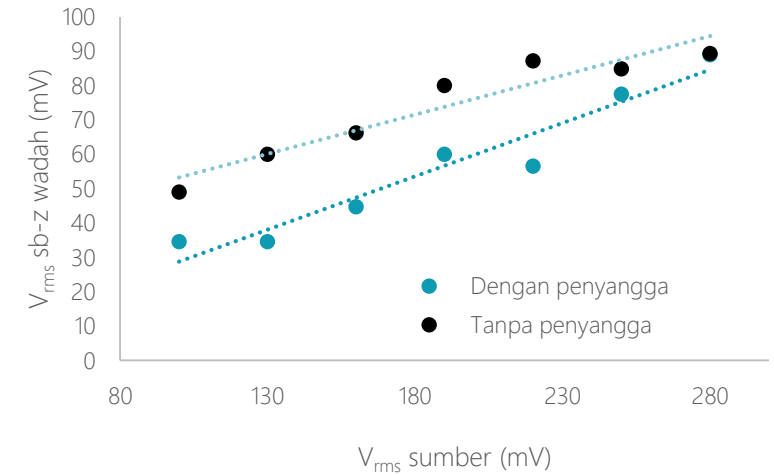
Plot untuk V_{rms} Sumbu-x



Plot untuk V_{rms} Sumbu-y



Plot untuk V_{rms} Sumbu-z



**Simpulan pada pengujian
 V_{rms} vibrasi**

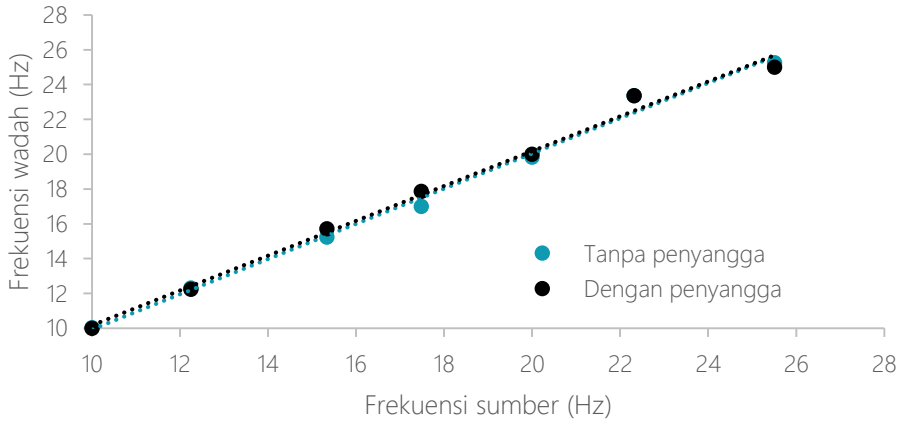
1. Adanya penyangga dapat menekan nilai koefisien korelasi sumbu-x
2. Penyangga menekan besar amplitudo pada sumbu-y dan sumbu-z
3. Walaupun besar rata-rata sumbu-y juga berkurang, namun tidak mengurangi linearitas.

Hasil dan Pembahasan: Hasil pengujian vibrasi dengan penyangga

Hasil Pengujian Frekuensi dengan Penyangga

No	V_{rms} Sumber (mV)	Frekuensi Sumber (Hz)	Frekuensi dengan Penyangga (Hz)	Frekuensi tanpa Penyangga (Hz)
1	200.00	10.00	10.04	10.00
2	200.00	12.25	12.32	12.25
3	200.00	15.34	15.24	15.72
4	200.00	17.48	17.01	17.86
5	200.00	20.00	19.84	20.00
6	200.00	22.32	23.36	23.36
7	200.00	25.51	25.25	25.00
Koefisien korelasi			1.00	1.00

Plot untuk Pengujian Frekuensi

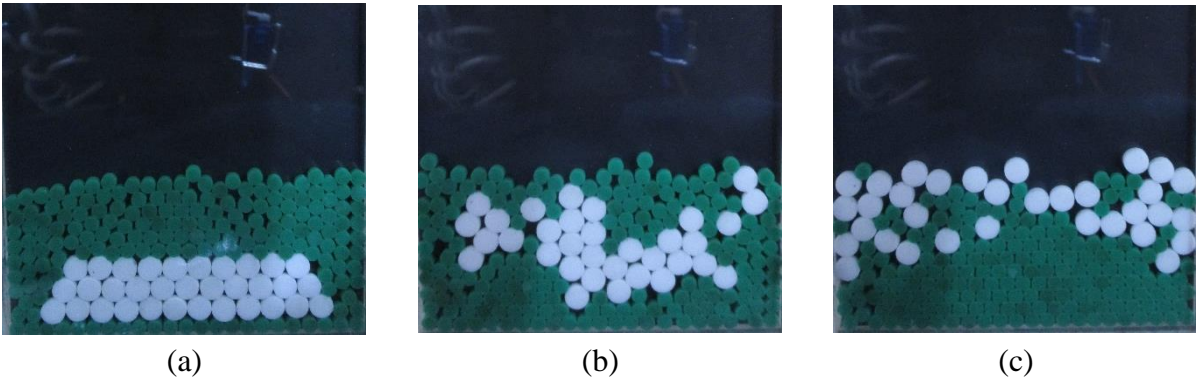


Simpulan Pengujian Frekuensi

1. Hasil menunjukkan penyangga tidak mengubah nilai frekuensi yang dihasilkan penggetar.
2. Berdasarkan pengujian tersebut maka digunakan penyangga pada penggetar

Hasil dan Pembahasan: Galat Deteksi Intruder sebagai Simpul

Cuplikan hasil pengambilan citra untuk konfigurasi awal rapat ($f = 11 \text{ Hz}$, $\Gamma = 4.3869$)



Cuplikan hasil pengambilan citra untuk konfigurasi awal jarang ($f = 11 \text{ Hz}$, $\Gamma = 4.3869$)

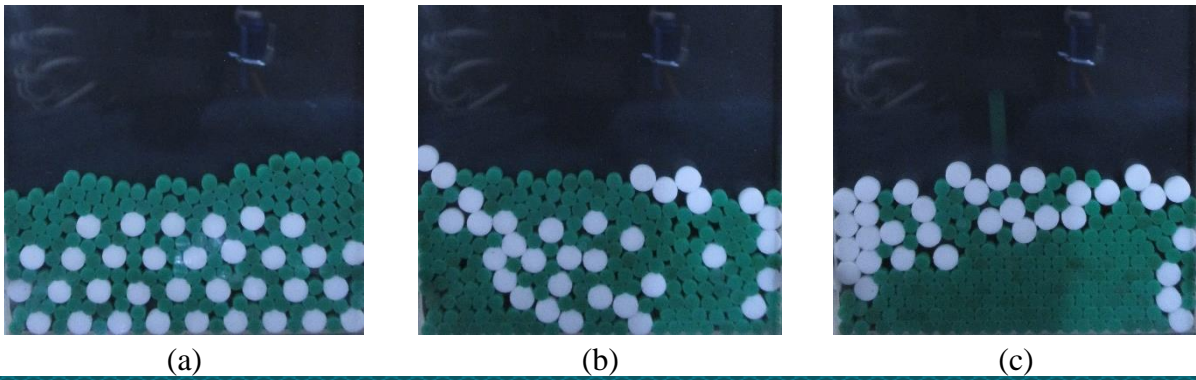
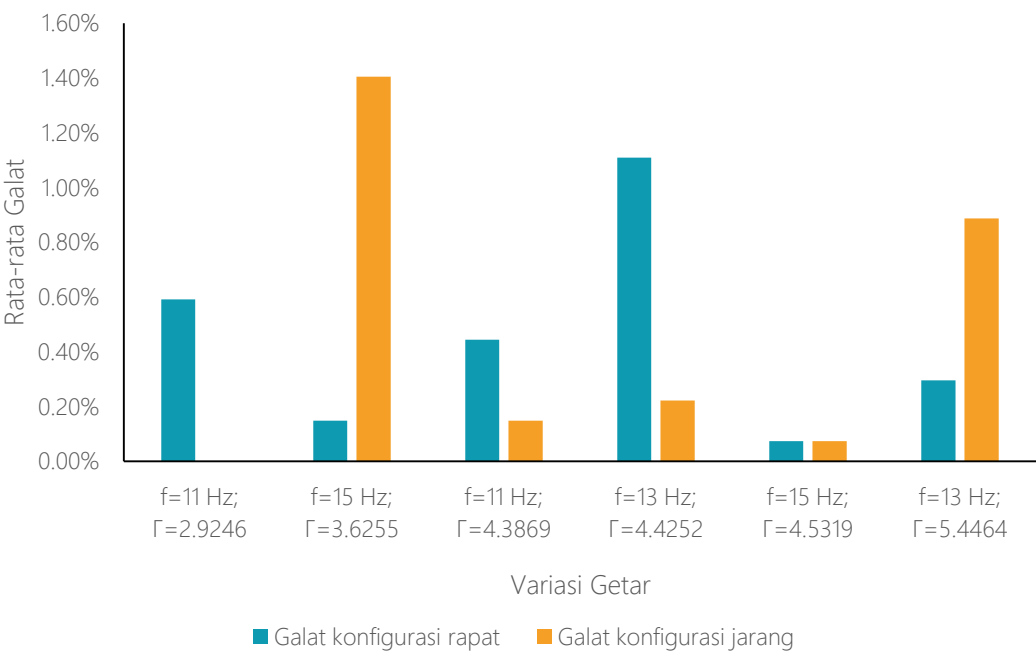


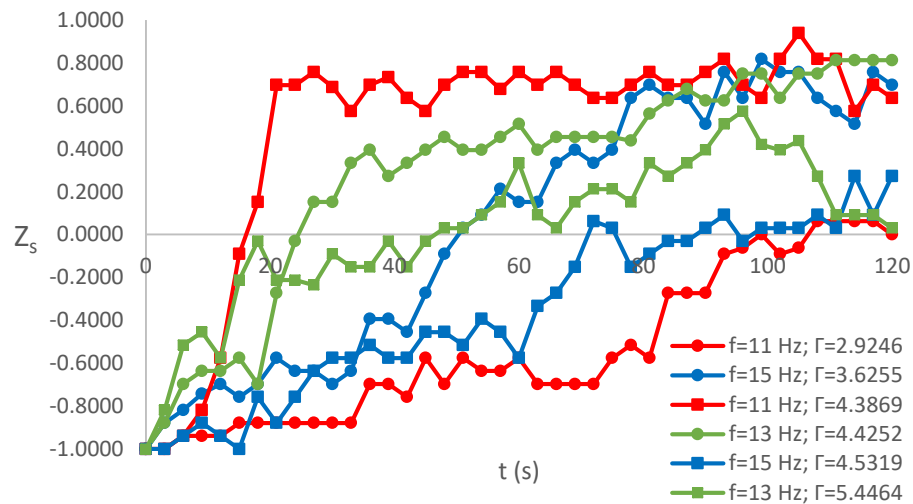
Diagram batang yang menggambarkan besar galat pendeteksian



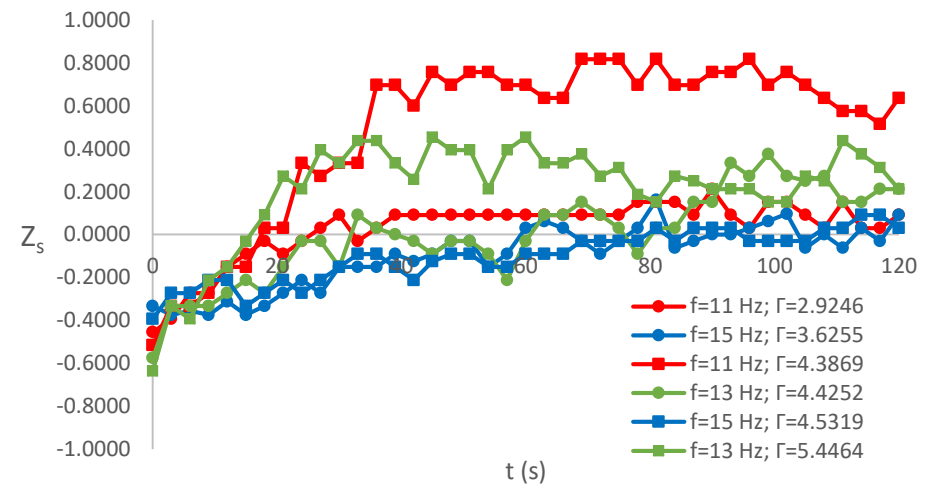
$$\text{Rata-rata galat} = \left(\sum_i \frac{|Jumlah intruder terdeteksi pada citra-i - 33|}{33} \right) / 40$$

Hasil dan Pembahasan: Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Segregasi

Plot hasil perhitungan koefisien segregasi tiap waktu pada konfigurasi awal rapat

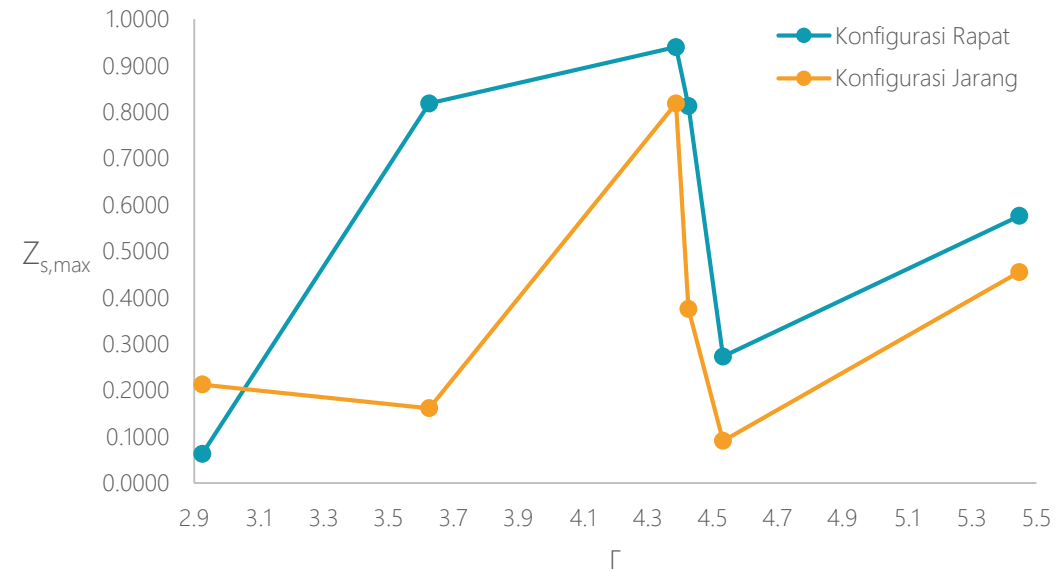


Plot hasil perhitungan koefisien segregasi tiap waktu pada konfigurasi awal jarang



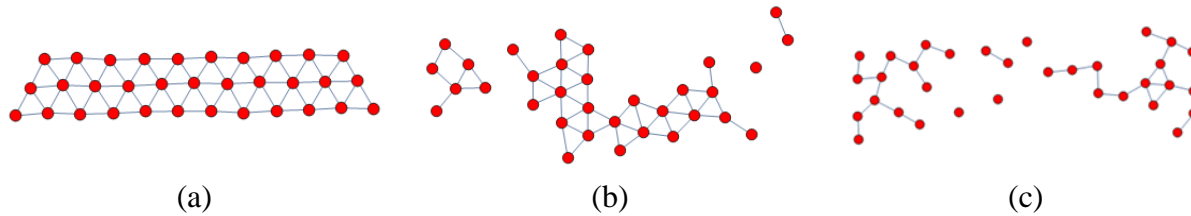
Hasil dan Pembahasan: Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Segregasi

Plot nilai koefisien segregasi maksimum pada tiap nilai Γ

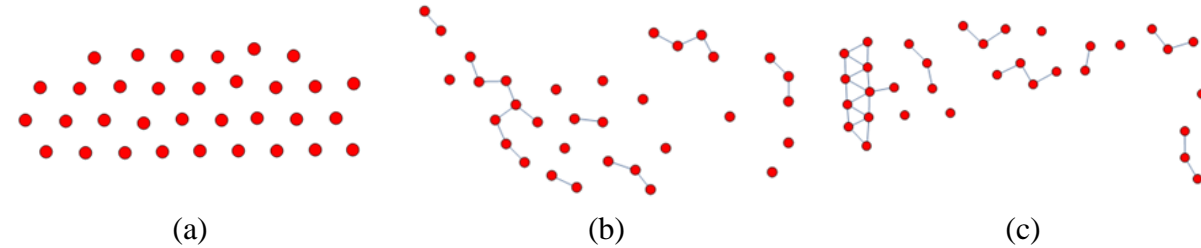


Hasil dan Pembahasan: Hasil Perhitungan Densitas Jaringan

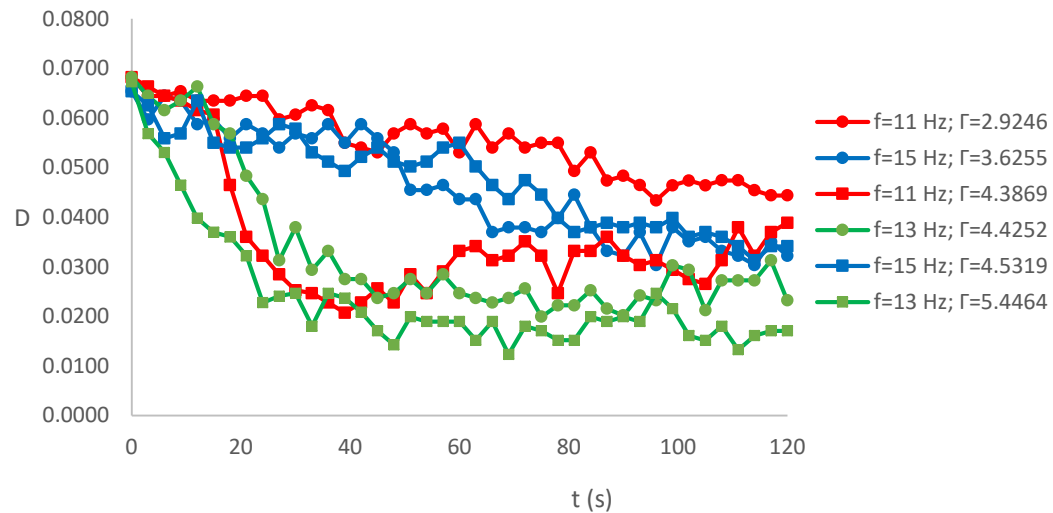
Cuplikan hasil pembangkitan jaringan untuk konfigurasi awal rapat ($f = 11$ Hz, $\Gamma = 4.3869$)



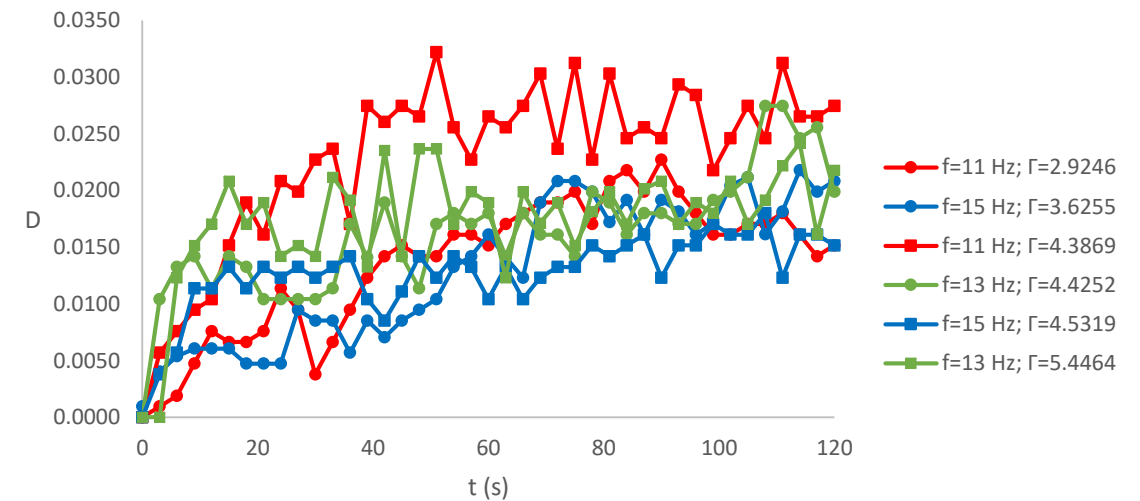
Cuplikan hasil pembangkitan jaringan untuk konfigurasi awal jarang ($f = 11$ Hz, $\Gamma = 4.3869$)



Plot hasil perhitungan densitas jaringani tiap waktu pada konfigurasi awal rapat

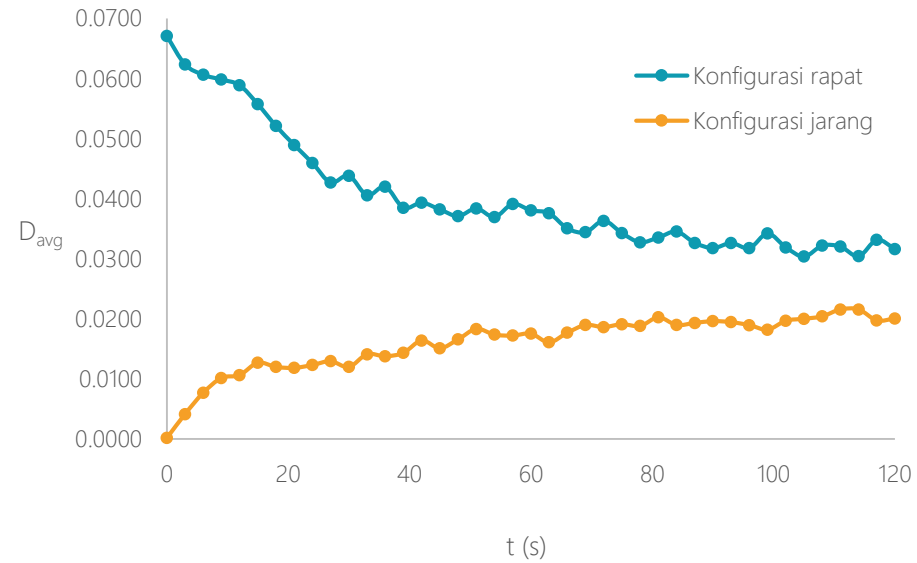


Plot hasil perhitungan densitas jaringani tiap waktu pada konfigurasi awal jarang



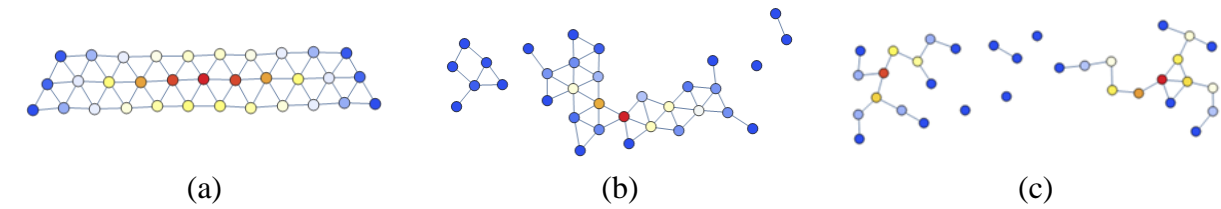
Hasil dan Pembahasan: Hasil Perhitungan Densitas Jaringan

Perubahan rata-rata densitas jaringan tiap waktu untuk konfigurasi awal rapat dan konfigurasi awal jarang.

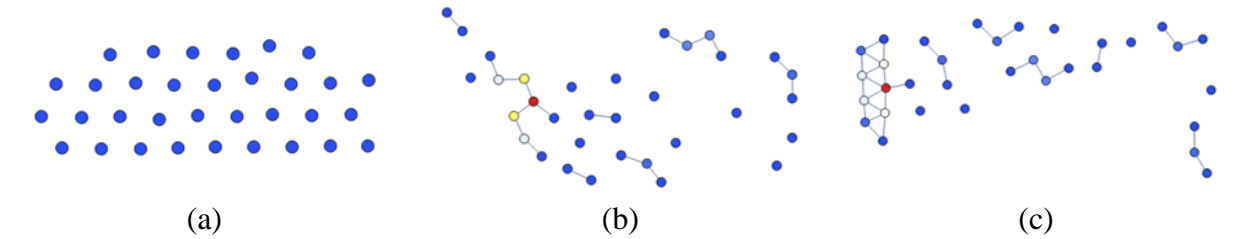


Hasil dan Pembahasan: Hasil Perhitungan Sentralitas Keantaraan

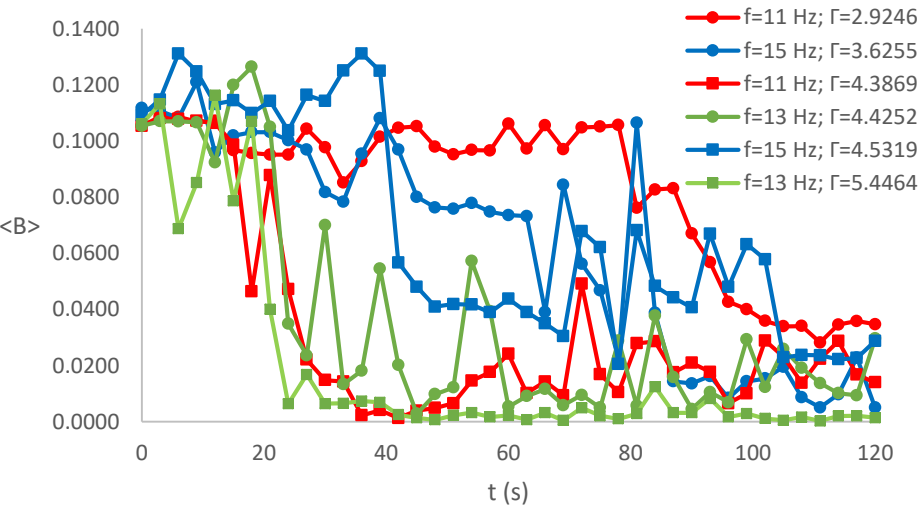
Cuplikan hasil perhitungan sentralitas keantaraan untuk konfigurasi awal rapat ($f = 11 \text{ Hz}$, $\Gamma = 4.3869$)



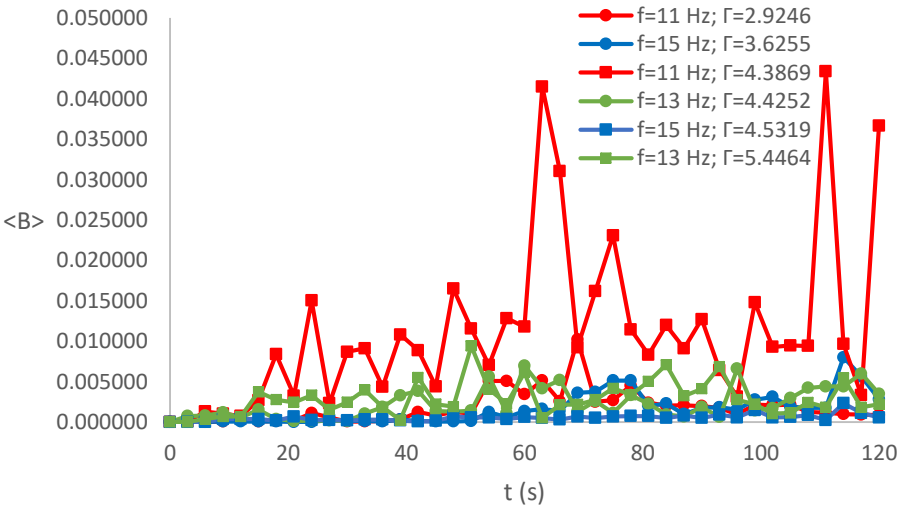
Cuplikan hasil perhitungan sentralitas keantaraan untuk konfigurasi awal jarang ($f = 11 \text{ Hz}$, $\Gamma = 4.3869$)



Plot hasil perhitungan sentralitas keantaraan tiap waktu pada konfigurasi awal rapat

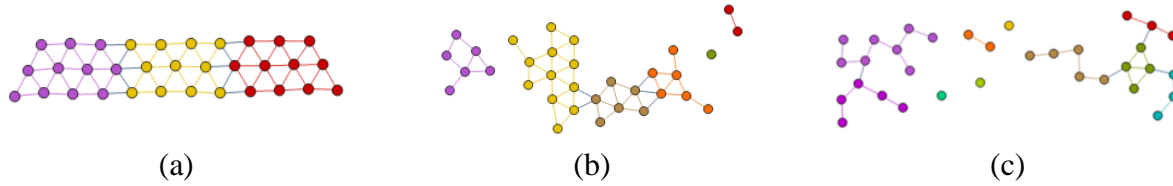


Plot hasil perhitungan sentralitas keantaraan tiap waktu pada konfigurasi awal jarang

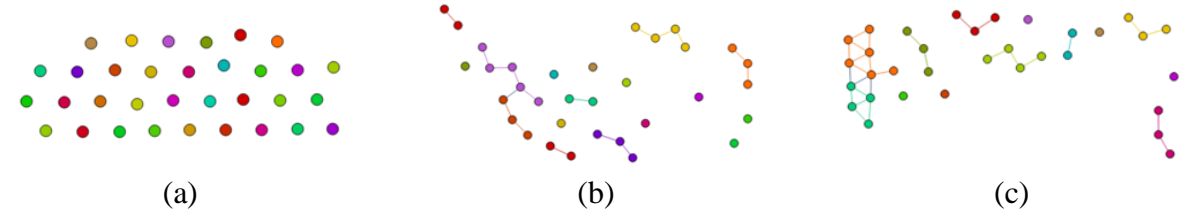


Hasil dan Pembahasan: Hasil Pemetaan Komunitas berdasarkan Optimasi Modularitas

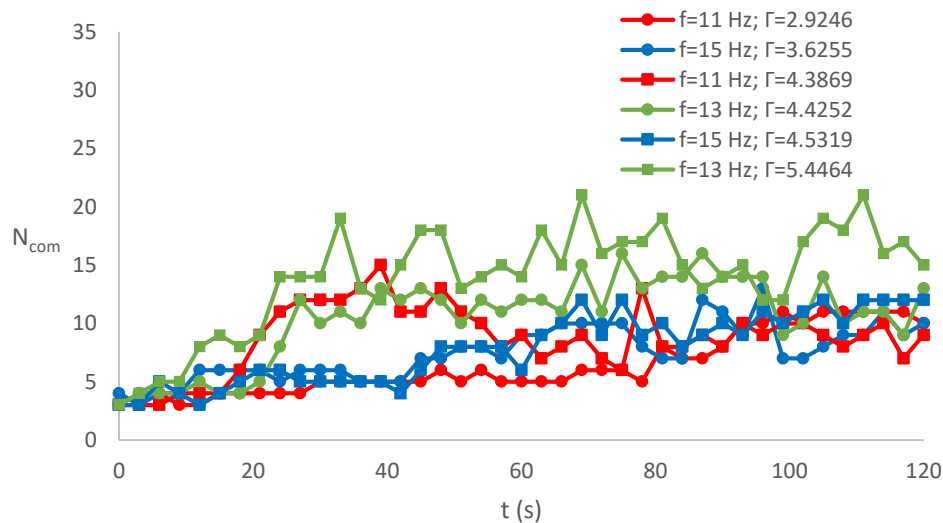
Cuplikan hasil pemetaan komunitas untuk konfigurasi awal rapat ($f = 11$ Hz, $\Gamma = 4.3869$)



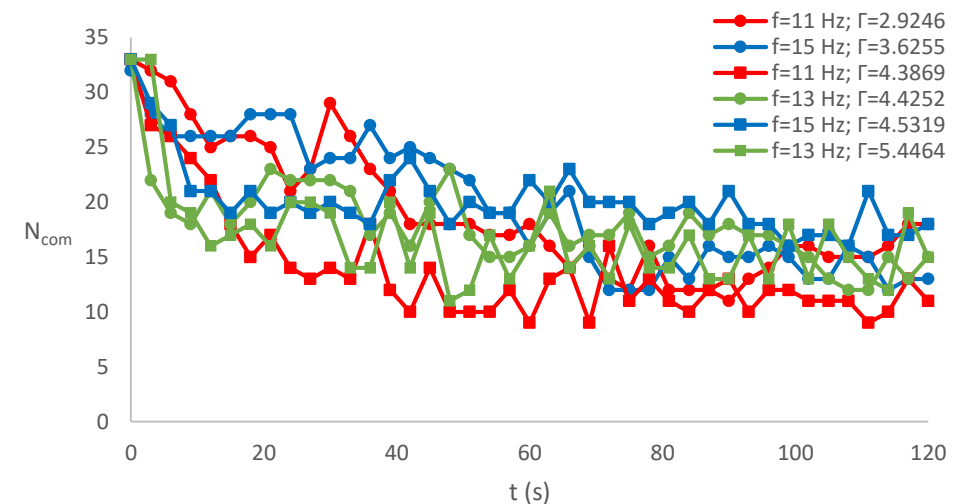
Cuplikan hasil pemetaan komunitas untuk konfigurasi awal jarang ($f = 11$ Hz, $\Gamma = 4.3869$)



Plot hasil perhitungan jumlah komunitas tiap waktu pada konfigurasi awal rapat

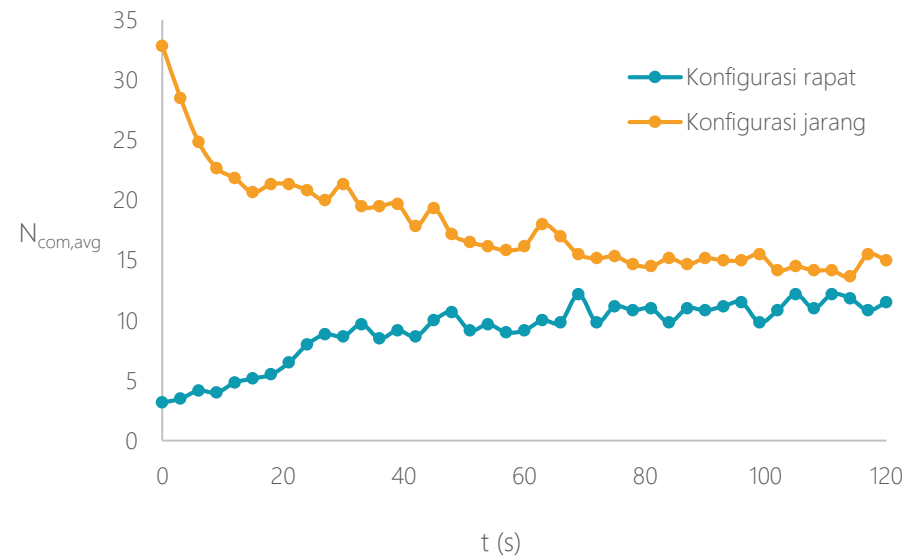


Plot hasil perhitungan jumlah komunitas tiap waktu pada konfigurasi awal jarang



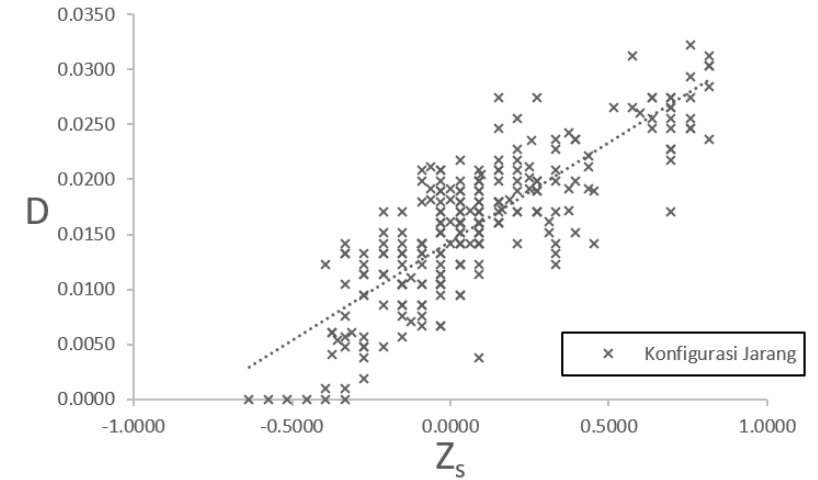
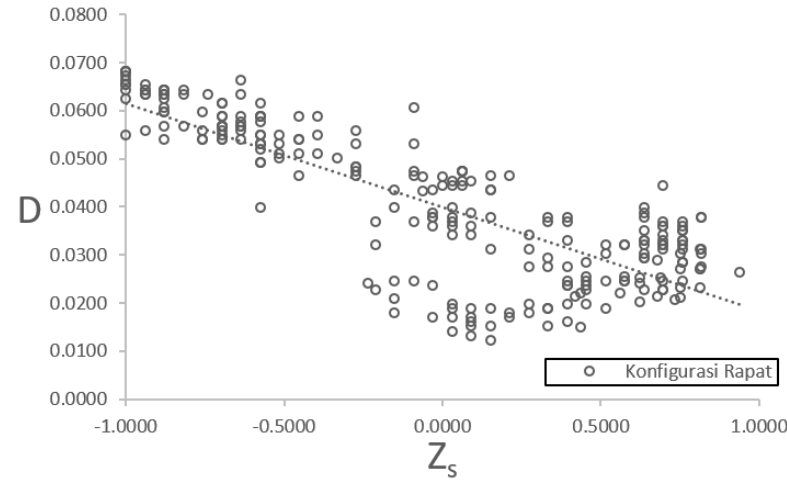
Hasil dan Pembahasan: Hasil Pemetaan Komunitas berdasarkan Optimasi Modularitas

Perubahan rata-rata densitas jaringan tiap waktu untuk konfigurasi awal rapat dan konfigurasi awal jarang.

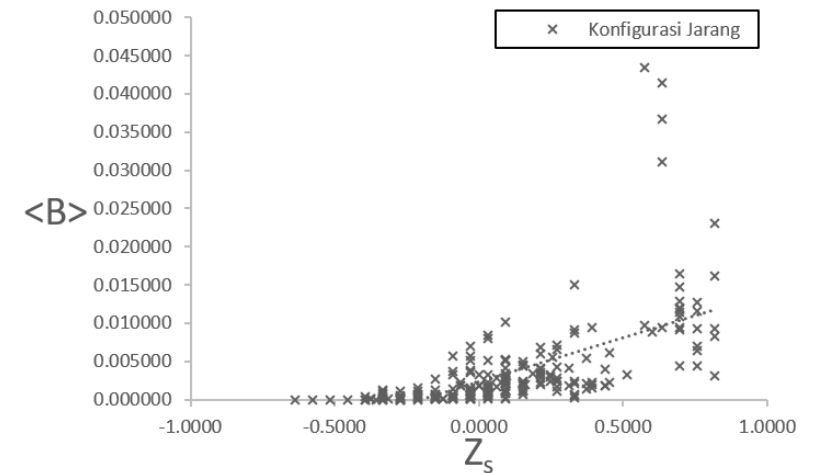
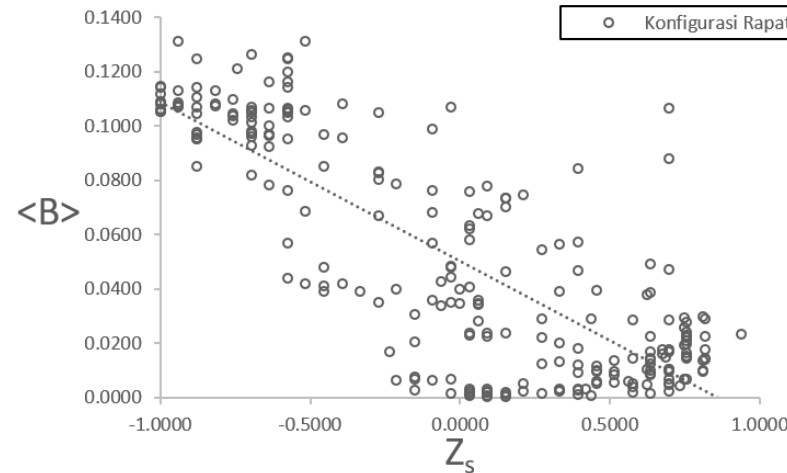


Hasil dan Pembahasan: Hubungan parameter-parameter jaringan dengan koefisien segregasi

Plot sebaran densitas jaringan terhadap koefisien segregasi

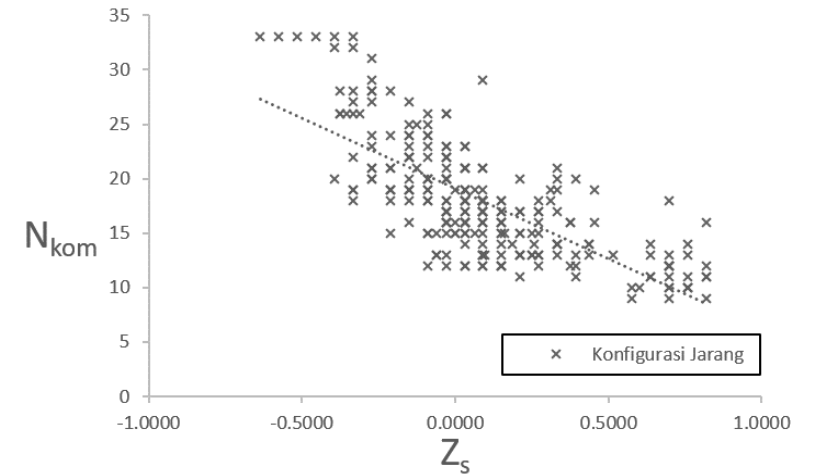
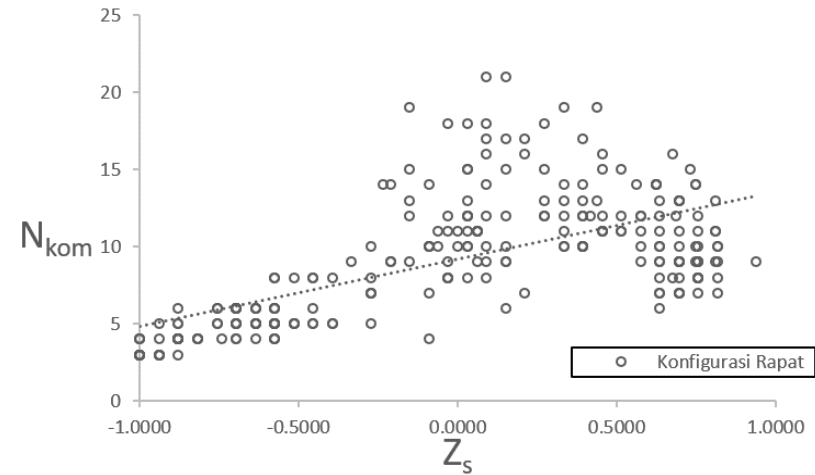


Plot sebaran sentralitas keantaraan terhadap koefisien segregasi



Hasil dan Pembahasan: Hubungan parameter-parameter jaringan dengan koefisien segregasi

Plot sebaran jumlah komunitas terhadap koefisien segregasi



Nilai koefisien korelasi parameter-parameter jaringan terhadap koefisien segregasi

Konfigurasi Awal	Koefisien Korelasi terhadap Koefisien Segregasi		
	D		N _{com}
Rapat	-0.7589	-0.7280	0.6394
Jarang	0.7958	0.7744	-0.7452

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Set eksperimen menggunakan penyangga teruji **mengurangi efek vibrasi horizontal**
2. Galat pendeteksian intruder menggunakan *hit-miss transform* sebesar **kurang dari 1.5 %**.
3. Nilai koefisien segregasi akhir berada pada rentang 0 – 0.8 dan memiliki **karakteristik kenaikan yang berbeda** namun **arah sama** untuk masing-masing konfigurasi. Variasi ketiga memiliki kenaikan koefisien segregasi paling baik.
4. Seperti pada koefisien segregasi, perhitungan parameter-parameter jaringan juga menghasilkan karakteristik yang berbeda untuk konfigurasi awal rapat dan konfigurasi awal jarang, namun memiliki **arah pergerakan yang berbeda** satu sama lain.
5. Secara umum, **densitas jaringan** merupakan parameter jaringan yang berkorelasi paling kuat dengan koefisien segregasi yakni sebesar -0.7589 untuk konfigurasi rapat dan 0.7958 untuk konfigurasi jarang.
6. Berdasarkan hasil plot sebaran densitas jaringan dan jumlah komunitas terhadap koefisien segregasi, memperkuat hasil penelitian (Sanders, *et al*) yang menunjukkan bahwa terdapatnya kecenderungan untuk **intruder bergerak secara mengelompok** akibat adanya perbedaan kerapatan dan besarnya energi kinetik pada partikel bed di sekitar intruder.
7. Parameter-parameter jaringan berupa **densitas jaringan, sentralitas keantaraan, serta jumlah komunitas** dapat menjadi alat untuk mengkarakterisasi kondisi sistem butiran di tiap waktunya.

SIMPULAN DAN SARAN

Saran

1. Penelitian terhadap parameter jaringan yang sama dapat dilakukan dengan sudut pandang berfokus pada butiran bed dalam campuran biner (pada penelitian ini berfokus pada butiran intruder). Untuk selanjutnya juga dapat dilakukan dengan meninjau kedua jenis butiran. Untuk hal ini maka dibutuhkan preparasi bahan eksperimen dan modifikasi pada parameter pengolahan citra.
2. Batas ruang dan waktu sangat mempengaruhi hasil akhir dari eksperimen. Oleh karena itu perlu dilakukan percobaan dengan lebar wadah yang cukup besar sehingga dapat didekati bahwa intruder hanya berinteraksi dengan butiran lain tanpa bergesekan dengan dinding samping wadah. Selain itu dengan memperpanjang waktu percobaan dapat dilakukan untuk menginvestigasi secara cermat terhadap nilai konvergensi yang diperoleh pada perhitungan densitas jaringan dan nilai komunitas.

Terima Kasih



MUHAMMAD IQBAL RAHMADHAN PUTRA

Kelompok Keahlian Fisika Nuklir dan Biofisika
Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2019

SIDANG TUGAS AKHIR II

Dosen Pembimbing : Dr.rer.nat. Sparisoma Viridi S.Si.
Dosen Penguji 1 : Dr.Eng. Dwi Irwanto S.Si.,M.Si.
Dosen Penguji 2 : Dr. Fourier Dzar Eljabbar S.Si.,M.Si.



Post credit

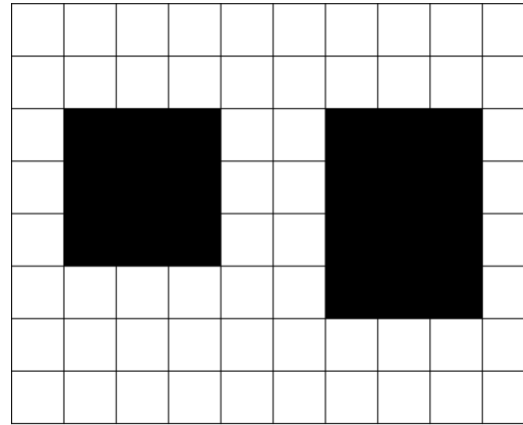
Tambahan: *Hit-Miss Transform*

Rumusan Matematis

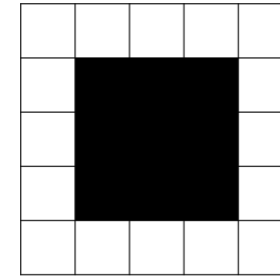
$$A \circledast B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2)$$

Operasi $A \ominus B_1$ dan $A^c \ominus B_2$ disebut sebagai operasi erosi yaitu suatu efek untuk memperkecil citra.

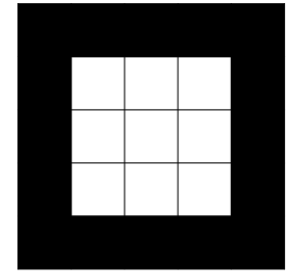
(1) Contoh citra yang akan dideteksi



(2) Contoh elemen penstruktur

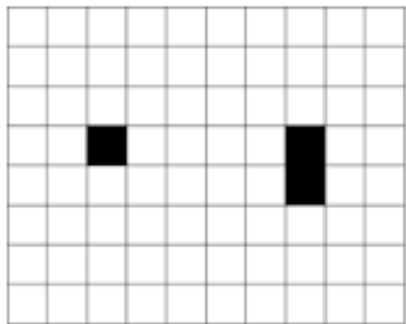


B_1

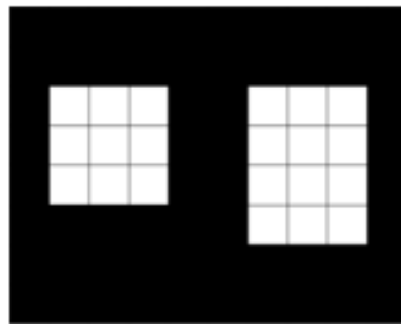


B_2

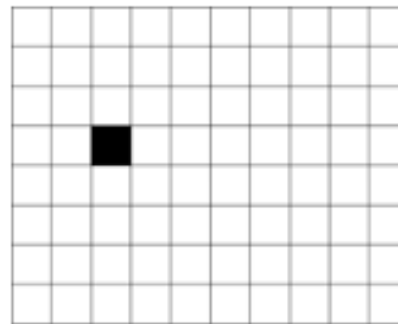
(3) Hasil operasi $A \ominus B_1$, A^c , dan $A^c \ominus B_2$



(a) $A \ominus B_1$

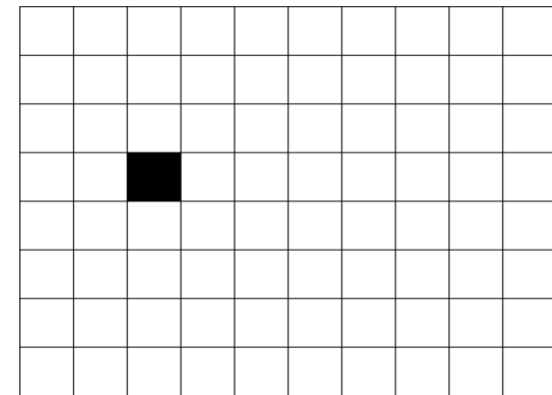


(b) A^c

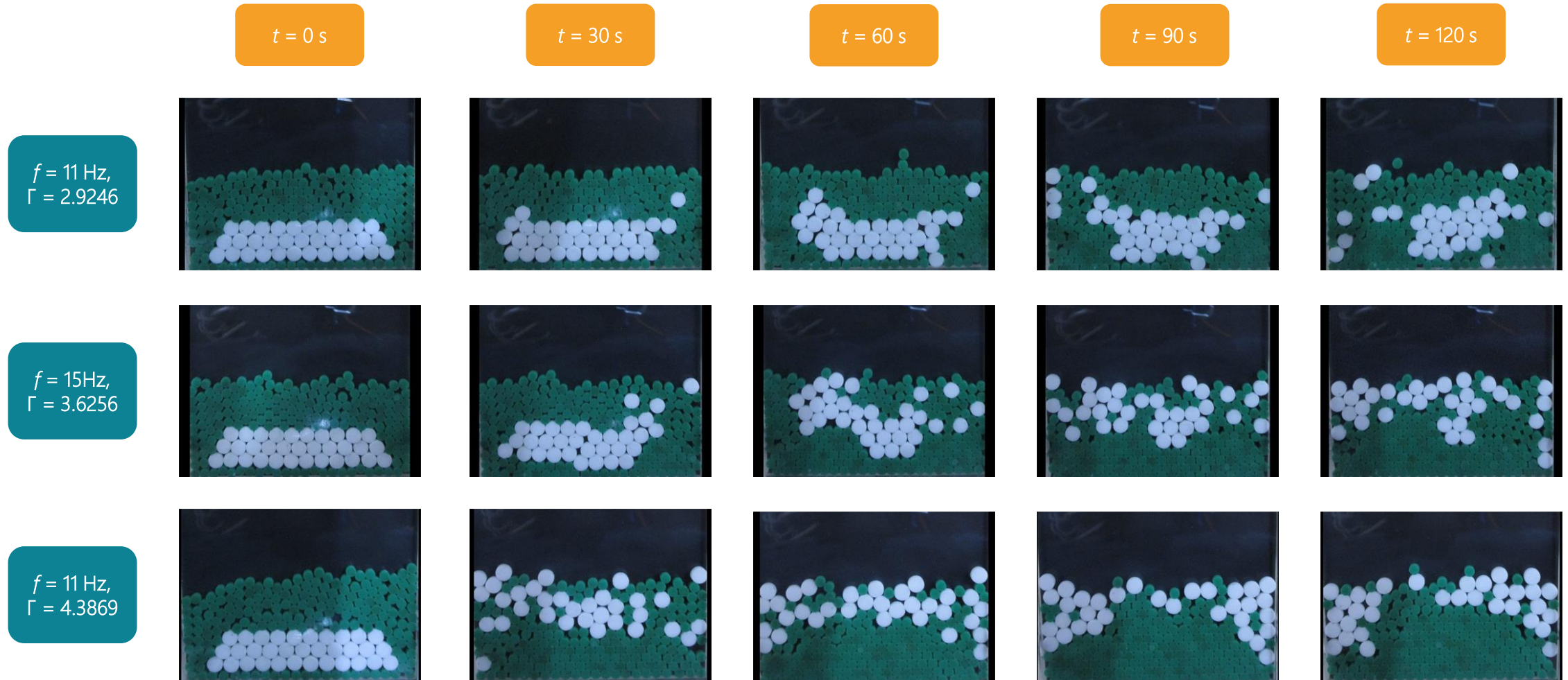


(c) $A^c \ominus B_2$

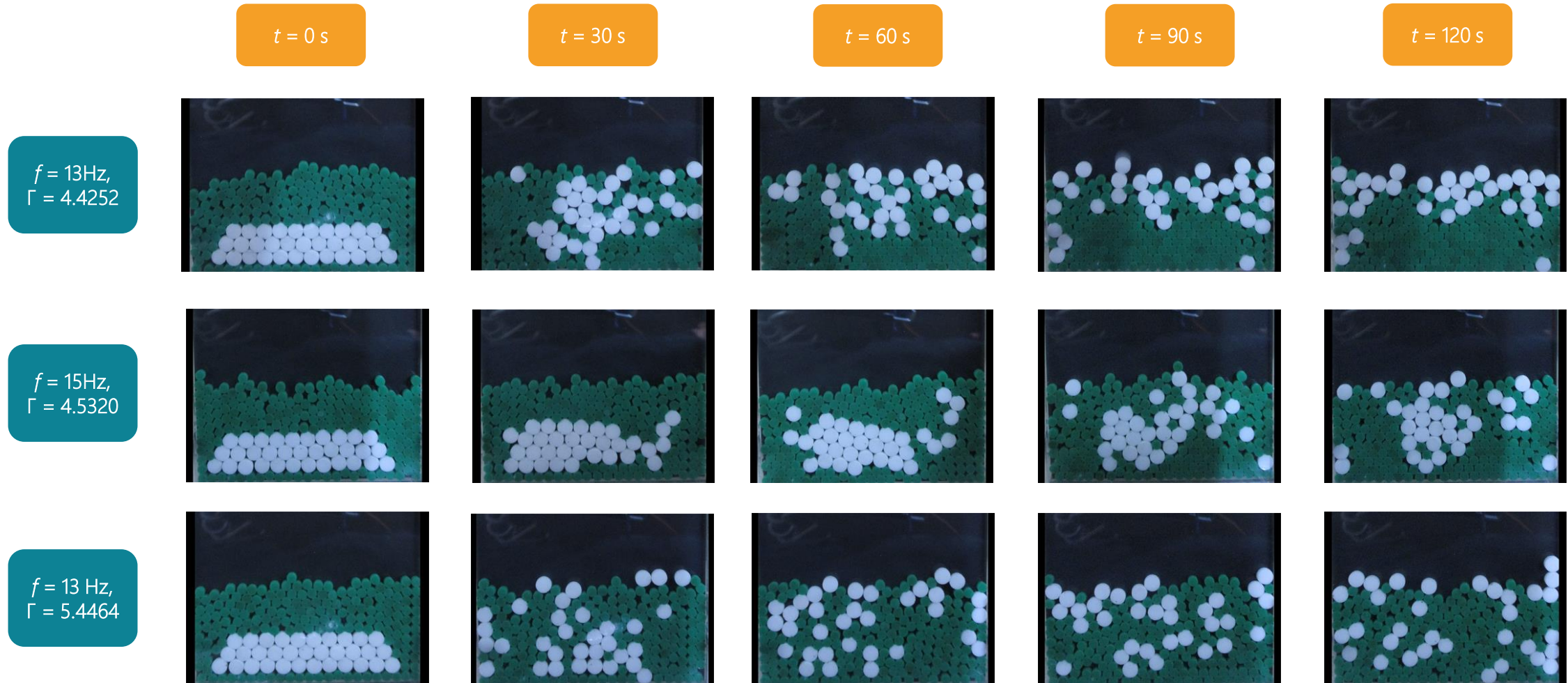
(4) Hasil Akhir



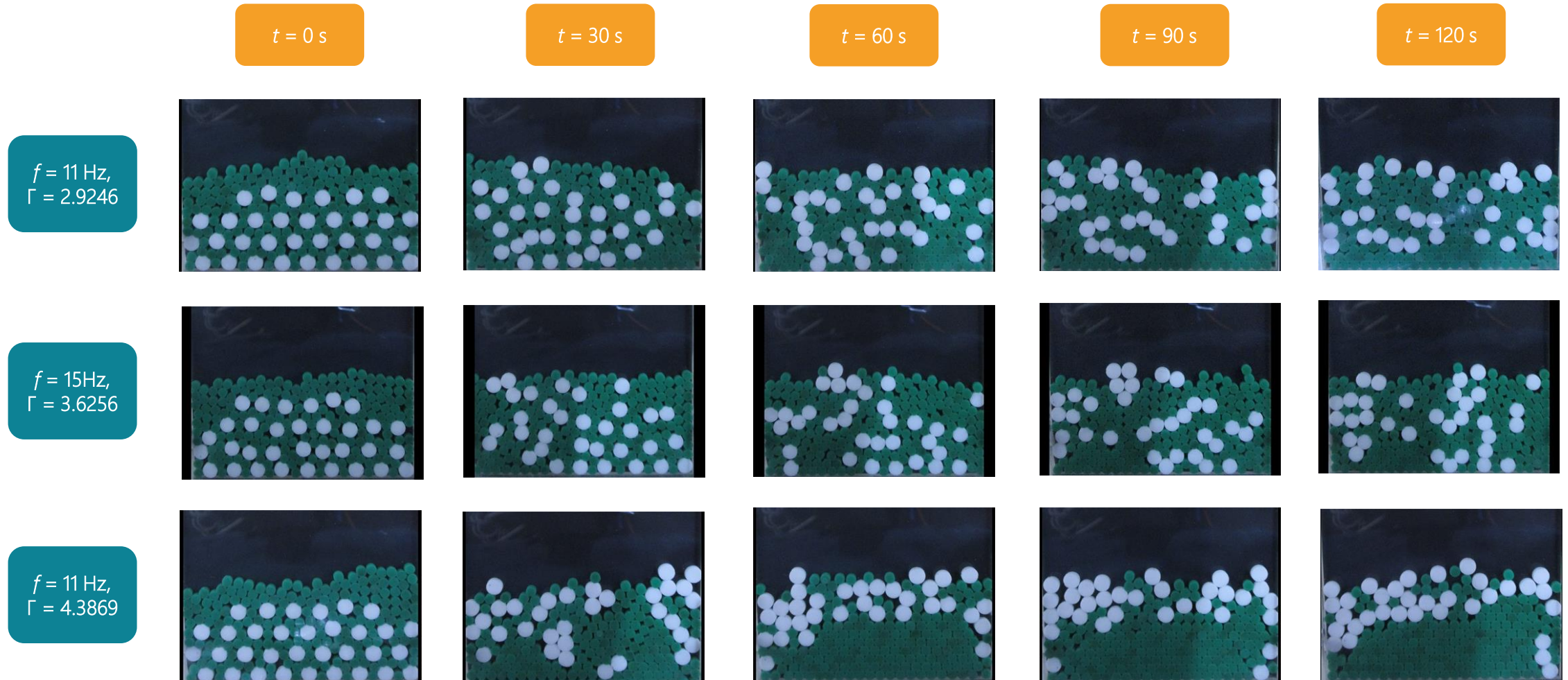
Tambahan: Cuplikan Citra Hasil Eksperimen Konfigurasi Rapat (bagian 1)



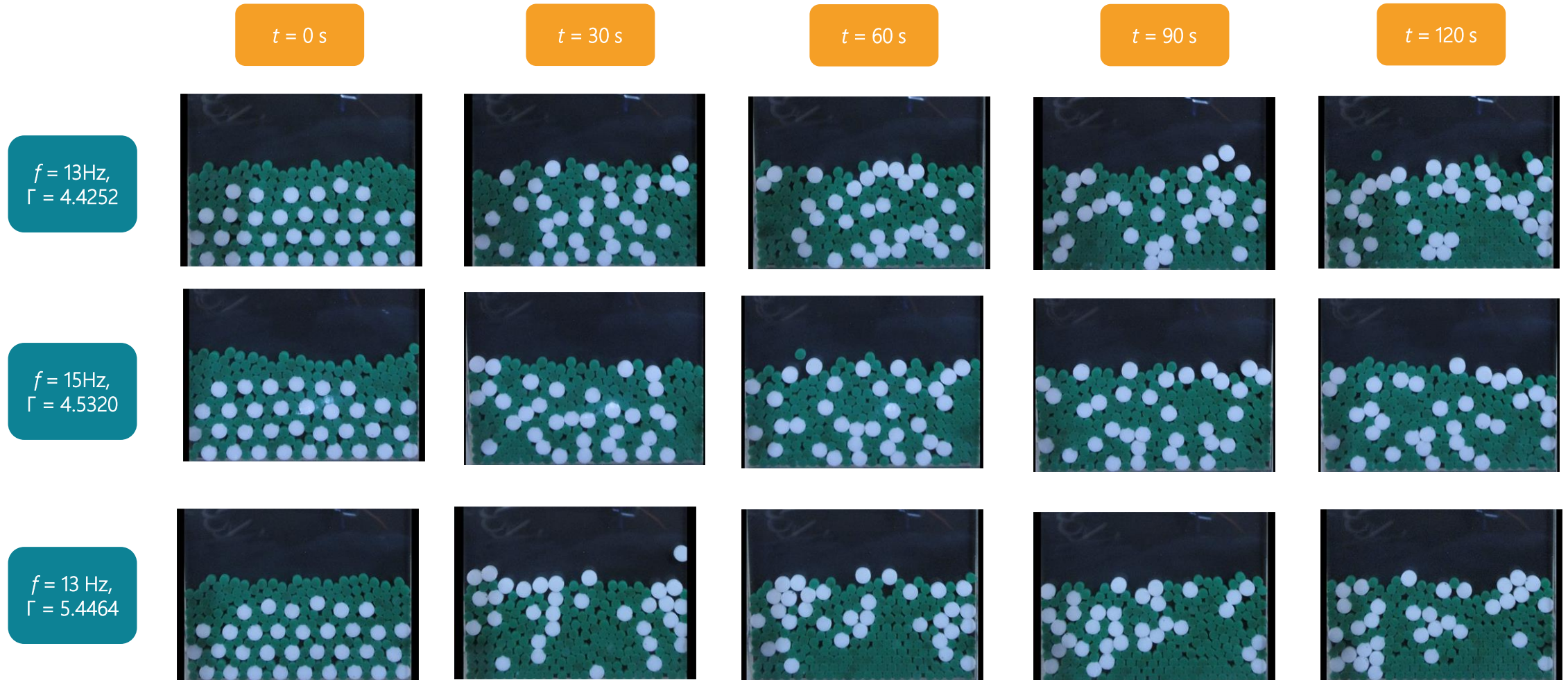
Tambahan: Cuplikan Citra Hasil Eksperimen Konfigurasi Rapat (bagian 2)



Tambahan: Cuplikan Citra Hasil Eksperimen Konfigurasi Jarang (bagian 1)

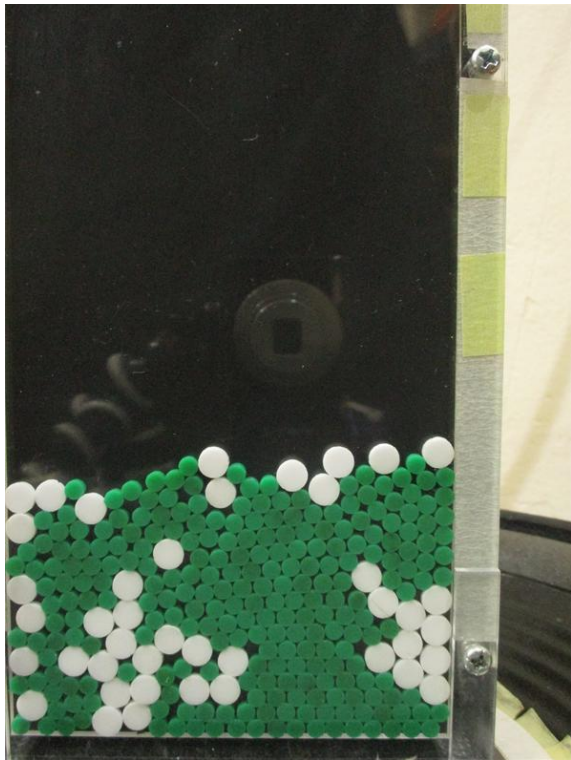


Tambahan: Cuplikan Citra Hasil Eksperimen Konfigurasi Jarang (bagian 2)

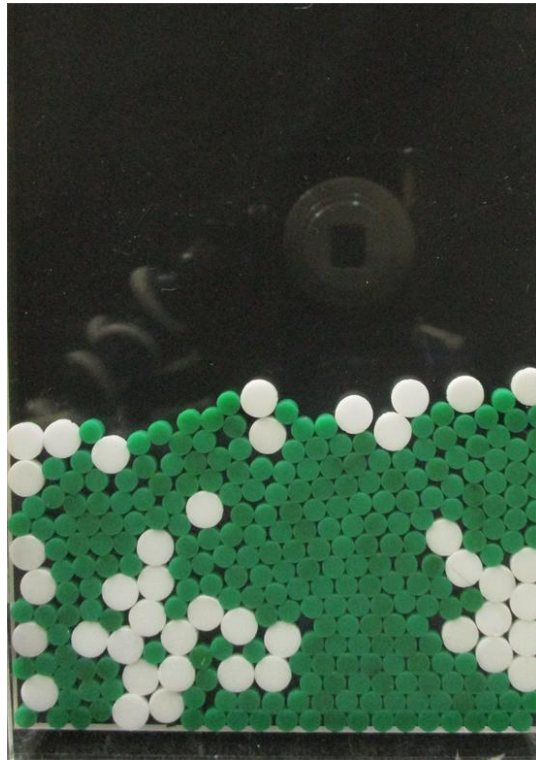


Tambahan: Tahapan Pengolahan Citra

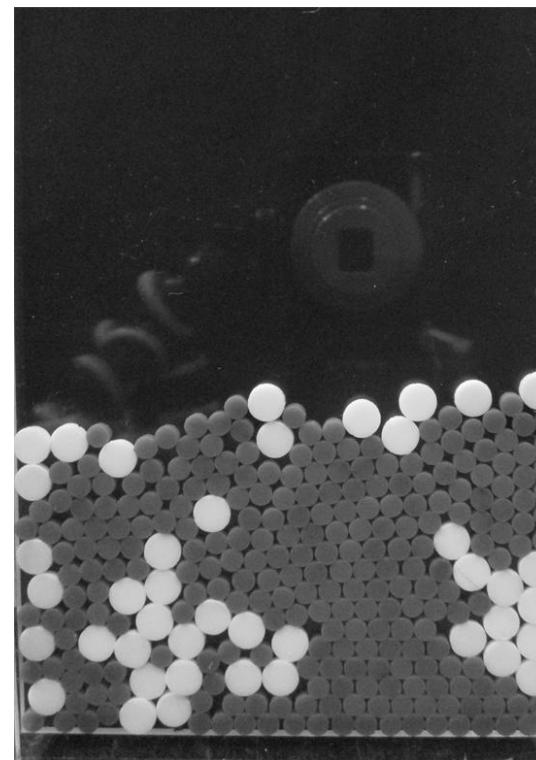
Citra Hasil Eksperimen



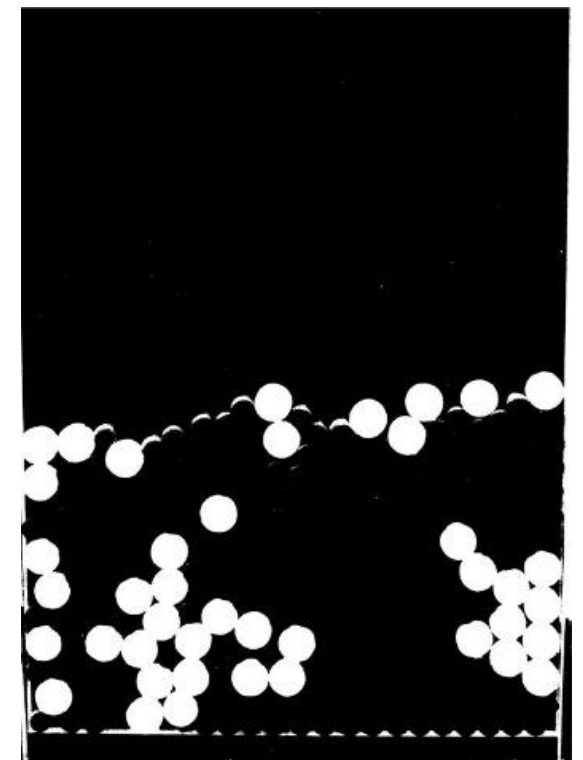
Hasil Pemotongan



Hasil *Grayscale*



Hasil Biner

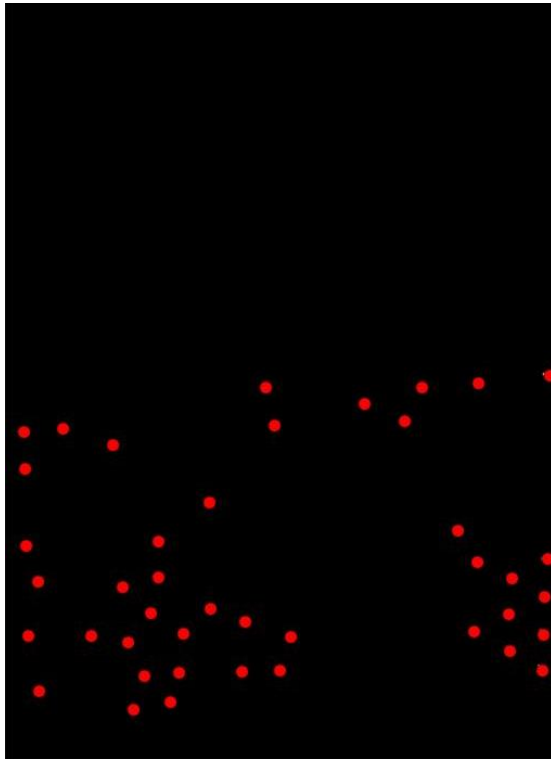


Tambahan: Tahapan Pengolahan Citra

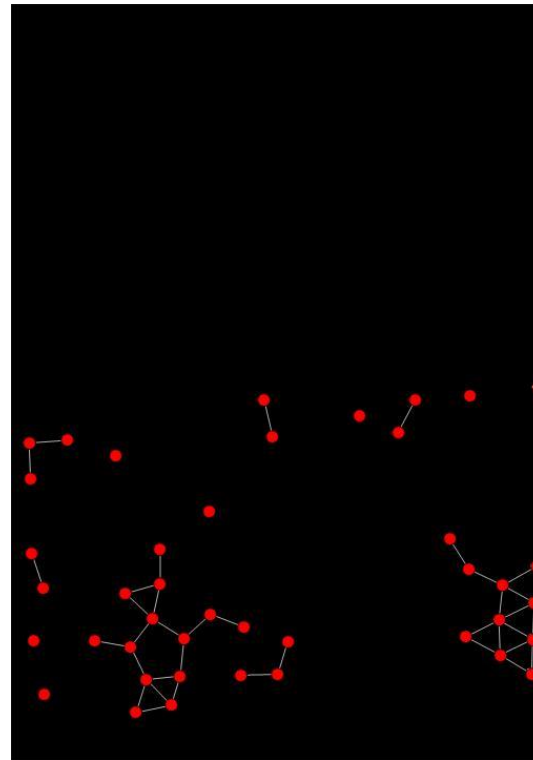
Hasil *Hit-miss*
transform



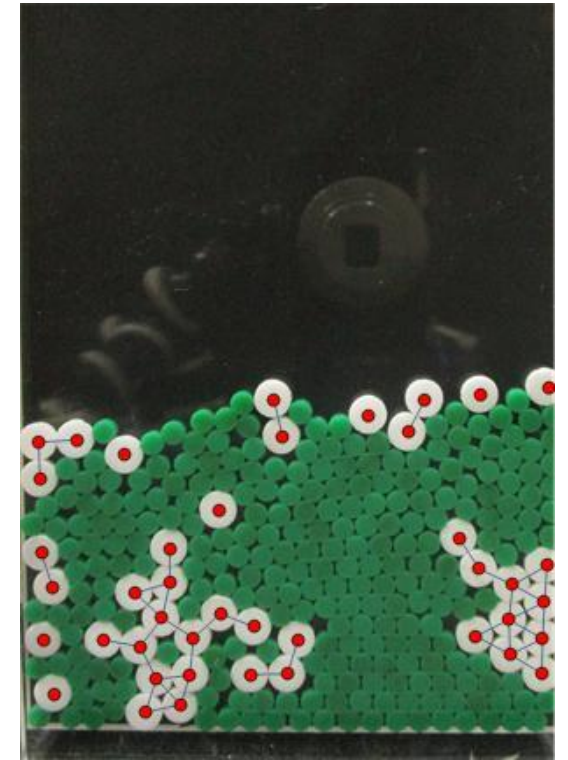
Hasil Deteksi Smpul



Hasil Deteksi Sisi



Hasil Akhir



Tambahan: Hubungan V_{rms} dan Amplitudo Vibrasi

Perhitungan V_{rms} pada gelombang sinusoidal

- Perhitungan nilai RMS secara umum dari fungsi $y = f(t)$:

$$\text{Nilai RMS} = \sqrt{\frac{1}{b-a} \int_a^b y^2 dt}$$

- Misalkan terdapat suatu gelombang sinus yang merepresentasikan tegangan atau arus dengan nilai *peak* sebesar A :

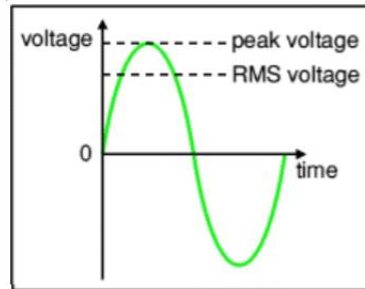
$$V(t) = V_m \sin(\omega t)$$

- Maka nilai RMS V_{RMS} adalah seperti berikut:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V(t))^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T A^2 \sin^2(\omega t) dt}$$

- Diketahui bahwa $\cos(2\theta) = 1 - 2 \sin^2 \theta$, maka

$$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t)$$



- Sehingga dapat diperoleh

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{(V_m)^2}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{(V_m)^2}{2T} \int_0^T (1 - \cos 2\omega t) dt}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{(V_m)^2}{2T} \left[t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega} \right]_0^T}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{(V_m)^2}{2T} \left[T - \frac{\sin 2\omega T}{2\omega} \right]}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{(V_m)^2}{2} - \frac{(V_m)^2 \sin 2\omega T}{4\omega T}}$$

- Apabila $T \rightarrow \infty$ maka ruas kanan akan menuju nol. Sehingga

$$V_{RMS} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

Nilai RMS dari $V = \frac{1}{\sqrt{2}} \times$ nilai peak dari V

Tambahan: Hubungan V_{rms} dan Amplitudo Vibrasi

Perhitungan besaran vibrasi berdasarkan nilai tegangan

- Misalkan sensor yang digunakan memiliki sensitivitas α , maka konversi nilai tegangan $V(t)$ yang dibaca pada osiloskop menjadi percepatan $a(t)$ adalah sebagai berikut:

$$a(t) = \frac{V(t)}{\alpha}$$

- Apabila $y(t)$, $v(t)$, dan f berturut-turut adalah perpindahan, kecepatan yang dialami sensor pada waktu t dan frekuensi, maka untuk vibrasi yang mengikuti gelombang sinusoidal terdapat hubungan sebagai berikut.

$$y(t) = y_m \sin 2\pi f t$$

$$v(t) = \frac{dy(t)}{dt} = 2\pi f y_m \cos 2\pi f t$$

$$v_m = 2\pi f y_m$$

$$v(t) = v_m \cos 2\pi f t$$

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt} = -2\pi f v_m \sin 2\pi f t$$

$$a_m = 2\pi f v_m$$

- Dengan mengetahui nilai f yang tetap maka diketahui

$$y_m = \frac{v_m}{2\pi f} = \frac{a_m}{(2\pi f)^2}$$

- dimana y_m , v_m , a_m berturut-turut merupakan nilai maksimum atau *peak* dari masing-masing besaran. Dengan menghubungkan percepatan dan tegangan yang dihasilkan, diperoleh

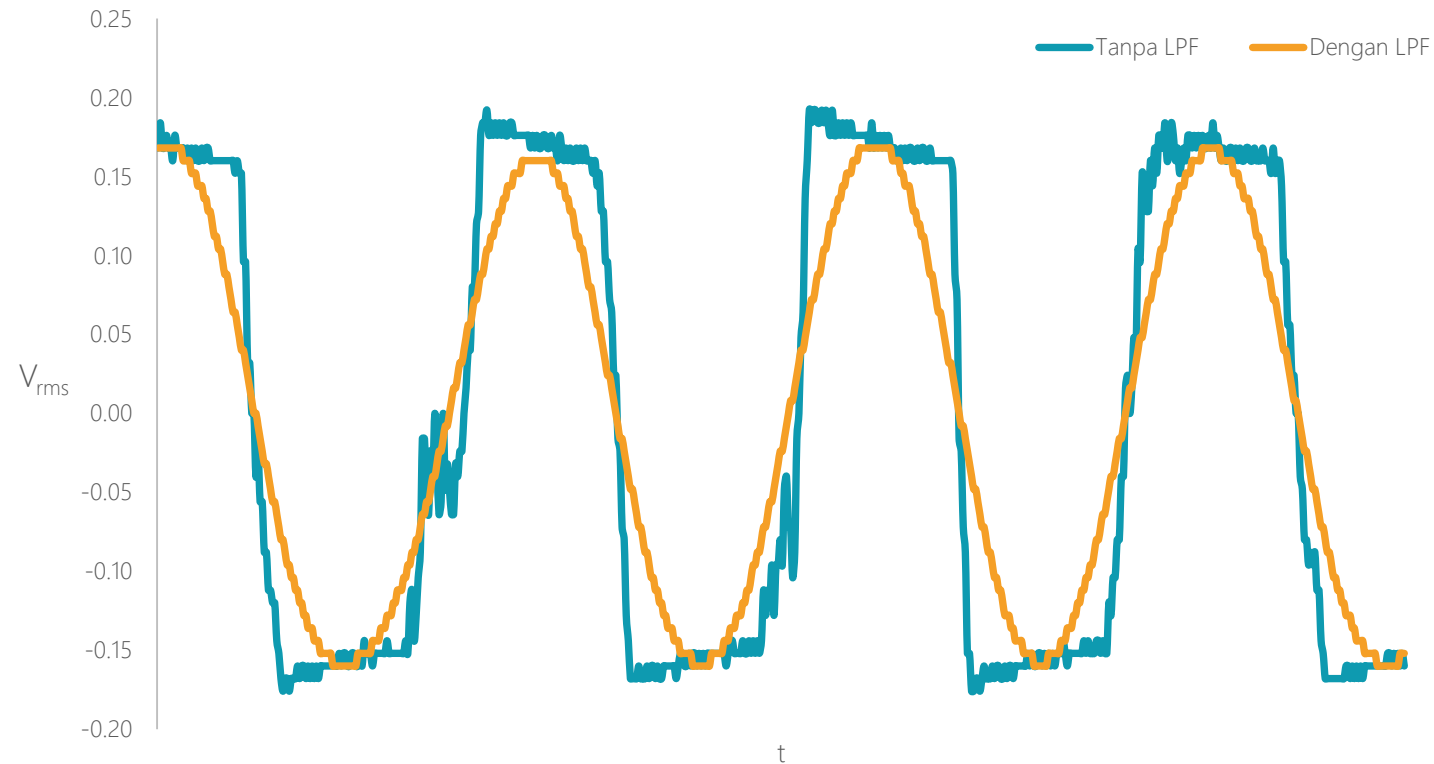
$$a_m = \frac{V_m}{\alpha}$$
$$y_m = \frac{a_m}{(2\pi f)^2} = \frac{V_m}{\alpha(2\pi f)^2}$$

- Oleh karena itu, untuk nilai f dan α yang tetap dapat disimpulkan bahwa

$$y_m \sim V_m = V_{RMS} \sqrt{2}$$

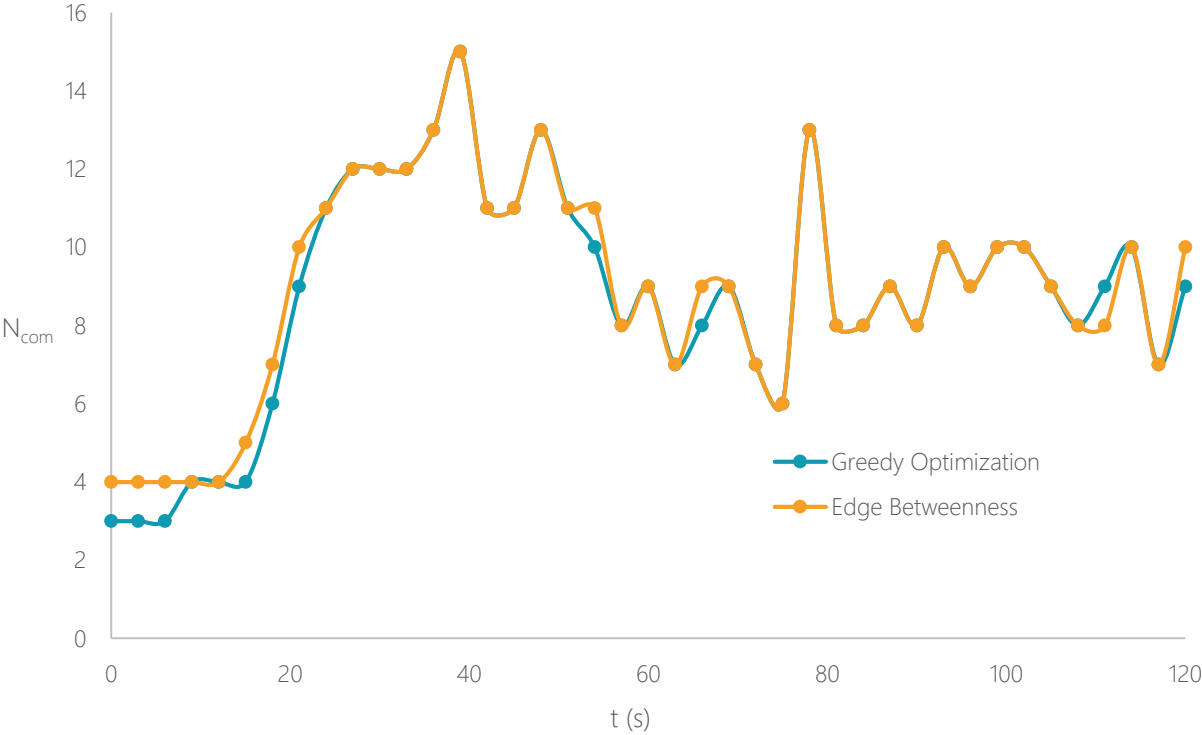
Tambahan: Hubungan V_{rms} dan Amplitudo Vibrasi

Contoh hasil penerapan LPF pada sinyal yang dibaca sensor menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal



Tambahan: Perbandingan Algoritma Optimasi Penentuan Struktur Komunitas

Grafik Jumlah Komunitas tiap Waktu dengan Algoritma Greedy Optimization dan Edge Betweenness



Algoritma	Waktu (s)
<i>Optimal Modularity</i>	7.4741
<i>Greedy Optimization</i>	0.08271
Selisih	98%