

## *Capacitive Sensing: Method and Application*



Johanson

*johanson21@gmail.com*

## Abstrak

Sensor merupakan “garis depan” sebuah alat-alat elektronik yang canggih. Lewat sensor, keadaan dan kondisi pada dunia nyata dapat dimengerti oleh alat-alat elektronik. Tak heran bila hampir semua peralatan elektronik menggunakan sensor sebagai *input*. Beberapa jenis sensor yang dapat ditemui saat ini, antara lain : sensor cahaya, sensor magnetik, sensor sonar, dll. Baru-baru ini, sensor yang berbasis sifat kapasitif membanjiri pasar. Sensor ini dapat ditemui pada hampir semua peralatan yang menggunakan metode layar sentuh. Namun sensor kapasitif memiliki aplikasi yang lebih luas dibanding hanya sebagai layar sentuh. Berikut adalah ulasan singkat tentang sensor kapasitif dan aplikasinya.

Kapasitor adalah salah satu komponen pada rangkaian listrik yang dapat menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan-muatan listrik. Saat pertama kali dihubungkan dengan sumber listrik, kapasitor akan mengisi dirinya dengan muatan-muatan listrik peristiwa inilah yang disebut dengan proses *charging*. Setelah penuh, kapasitor akan menghentikan arus listrik di dalamnya sehingga rangkaian listrik akan bersifat *open*. Namun saat sumber listrik dimatikan dari rangkaian, kapasitor dapat bersifat sebagai sumber listrik dengan cara melepas muatan listrik kepada rangkaian peristiwa ini disebut *discharging*. Kapasitor umumnya terbuat dari dua konduktor yang diantaranya terdapat materi dielektrik seperti kaca, plastik. Umumnya bahan dielektrik adalah bahan isolator atau bahan yang tidak bisa menghantarkan listrik. Namun akibat adanya aliran listrik yang merupakan aliran elektron, atom penyusun dielektrik menjadi tidak seimbang dan akhirnya menimbulkan muatan-muatan listrik. Sehingga setiap bahan dielektrik memiliki nilai permitivitas masing-masing, yang akhirnya mempengaruhi nilai kapasitansi.

Perhitungan kapasitansi pada *parallel plate* :



$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} = 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\epsilon_r S}{d} \text{ farads, meters}$$

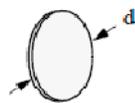
- $S$  = Area / Luas
- $D$  = jarak kedua plat.
- $\epsilon_r$  = *Relative permittivity/ Dielectric Constant*

Material	Dielectric Constant - $\epsilon_r$ -
Udara Kering (68°F)	1.000536
Air	4 – 88
Kayu kering	2-6
Kertas minyak	4
kaca	3.7 – 10
Kertas	2.3

- $\epsilon_0$  = Vacuum permittivity/ permitivitas pada hampa udara

$$\epsilon_0 \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{c_0^2 \mu_0} = \frac{1}{35950207149.4727056\pi \frac{\text{F}}{\text{m}}} \approx 8.8541878176... \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$$

Plat metal konduktor pada kapasitor, kerap kali terparap oleh efek *fringing flux*. Peristiwa ini terjadi akibat jarak kedua plat terlalu jauh. Hal ini mengakibatkan perubahan nilai kapasitansi :



$$C = 35.4 \times 10^{-12} \epsilon_r \times d$$



$$C = 55.6 \times 10^{-12} \epsilon_r \times d$$

Beberapa aplikasi yang dapat dibuat dengan sensor kapasitif :

- Tekanan : menggunakan sebuah membran yang dapat merenggang sehingga tekanan dapat dideteksi dengan menggunakan *spacing-sensitive detector*.
- Ketinggian cairan : menggunakan perubahan nilai kapasitansi antara kedua plat konduktor yang dicelupkan kedalam cairan.
- Jarak : jika sebuah object metal mendekati elektroda kapasitor, didapat nilai kapasitansi yang berubah-ubah.
- Layar sentuh : dengan menggunakan *X-Y tablet*

- *Shaft angle or linear position* : dengan menggunakan metode *multiplate*, kapasitif sensor dapat mengukur *angle* atau posisi.

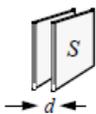
## Aplikasi

Salah satu aplikasi *capacitive sensing* adalah sebagai sensor kelembaban pada pellet kayu. Penelitian tersebut didokumentasikan pada jurnal internasional yang sudah di publikasikan. Jurnal tersebut berjudul "*USING CAPACITIVE SENSING TO DETERMINE THE MOISTURE CONTENT OF WOOD PELLETS – INVESTIGATIONS AND APPLICATION*". Penelitian dilakukan Anton Fuchs, Michael J. Moser, Hubert Zangl, Thomas Bretterkieber di *Institute of Electrical Measurement and Measurement Signal Processing, Austria*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi beberapa teknik yang dapat digunakan dan membandingkannya.

Kadar air atau kelembaban sangat vital pada beberapa produk solid, seperti makanan, pupuk, benih, bubuk kimia. Bila terlalu lembab, produk tersebut bisa mengalami penggumpalan, pembusukan dan pengrusakan. Selain itu, kandungan air pada suatu produk juga perlu diketahui agar berat netto (berat produk tanpa air) dapat diketahui. Hal ini diperlukan untuk mengetahui tingkat kemurnian suatu produk. Air tidak memiliki nilai ekonomis namun turut menambah berat produk.

Ada beberapa teknik yang sudah digunakan sebelumnya untuk mengetahui kadar air pada suatu produk. Teknik tersebut antara lain *microwave spectroscopy, electrical time domain reflectometry, neutron moisture gauge, infrared and laser absorption spectroscopy*. Semua teknik ini dapat mendeteksi kadar air pada bubuk dan *granular*. Namun nampaknya, teknik-teknik tersebut lebih rumit dan membutuhkan biaya yang cukup besar.

Kayu kering memiliki permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) antara 2 – 3.5. Sedangkan permitivitas relatif air sebesar 80. Dengan demikian teknik *capacitive sensing* dapat diterapkan. Hal ini dikarenakan rumus kapasitansi dengan teknik *parallel plate*:

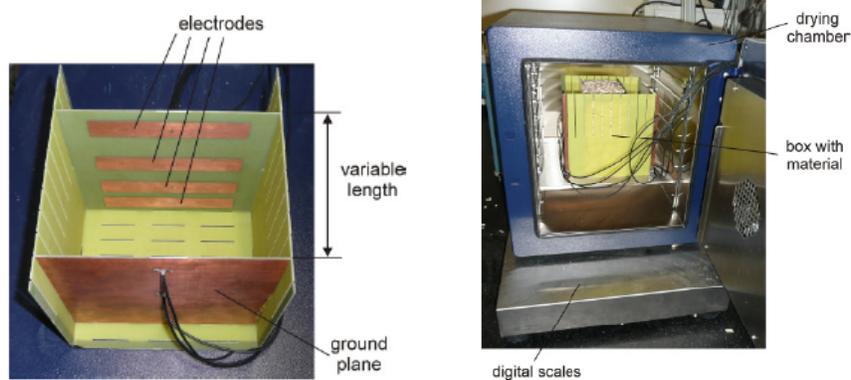


$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} = 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\epsilon_r S}{d} \text{ farads, meters}$$

Karena ada perbedaan yg cukup jauh antara permitivitas relatif air dan kayu kering, sehingga nilai kapasitansi akhir memiliki range yang cukup besar. Kayu yang akan dites diletakan diantara kedua plat metal.

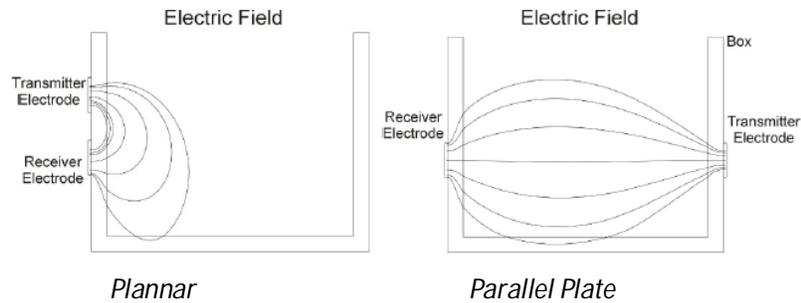
Namun kendala yang dihadapi adalah, jarak antara kedua plat metal tidak boleh terlalu jauh. Bila terlalu jauh, maka sensor tidak dapat bekerja dengan baik. Selain itu penempatan kedua plat metal tidak boleh sembarang. Mengingat adanya *fringing flux*. Pada percobaan ini plat yang digunakan adalah PCB polos berbahan tembaga.

Berikut adalah konfigurasi plat (kiri) dan susunan peralatan (kanan) yang digunakan pada percobaan:



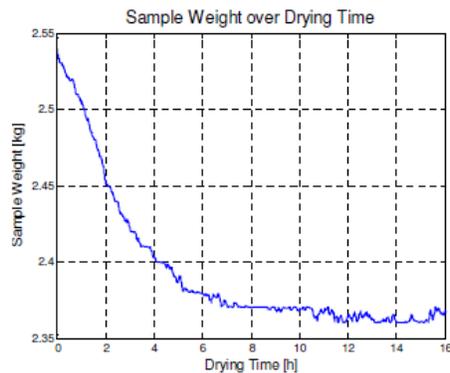
Percobaan dilakukan dengan melihat perubahan nilai kapasitansi, saat pellet kayu dalam proses pengeringan menggunakan oven. Selain itu digunakan pula timbangan digital yang berguna untuk memantau kondisi kayu apakah sudah benar-benar kering. Awalnya kayu yang mengandung air dimasukan kedalam box kapasitif, lalu box kapasitif tersebut dimasukan kedalam oven pengeringan. Semua peralatan tersebut diletakan diatas timbangan digital. Timbangan digital digunakan karena berat kayu kering lebih ringan dibandingkan dengan kayu basah. Hal ini dikarenakan saat proses pemanasan, air yang terkandung dalam kayu basah akan menguap dan mengurangi berat kayu tersebut.

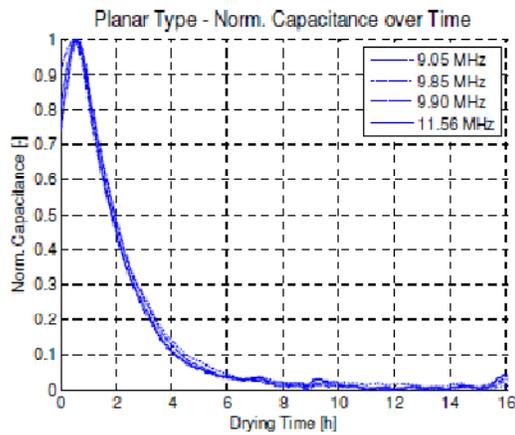
Dengan percobaan ini, peneliti berharap adanya konsistensi data walaupun ada variabel-variabel yang diubah. Dua variabel yang diubah oleh peneliti adalah metode peletakan sensor (*plannar* dan *Parallel plate*) dan perubahan frekuensi yang di transmit ke dalam box (9.05 MHz, 9.85 MHz, 9.90 MHz, 11.56 MHz).



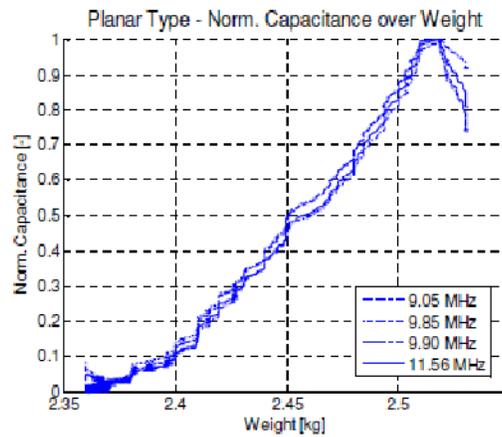
Adapun peralatan yang digunakan oleh peneliti untuk melakukan percobaan adalah *12-bit capacitance to digital integrated circuit* yang digunakan sebagai ADC converter dari besaran kapasitansi ke bit digital. Sebagai prosesor digunakan *Analog Devices Blackfin DSP board*. Untuk melihat hasil percobaan, *DSP board* tersebut dihubungkan ke PC dengan aplikasi LabView 8.2. Hasil percobaan diplot pada 2 buah grafik. Grafik pertama menunjukkan hubungan antara besaran kapasitansi dengan lamanya waktu, sedangkan grafik kedua menunjukkan hubungan antara besaran kapasitansi dengan berat kayu.

Berikut adalah grafik perbandingan waktu pengeringan terhadap berat sampel. Grafik ini digunakan untuk grafik- grafik hasil percobaan selanjutnya. Dari grafik ini didapatkan bahwa proses pengeringan kayu berlangsung selama 8 jam. Setelah 8 jam, berat sampel tidak berubah secara signifikan.

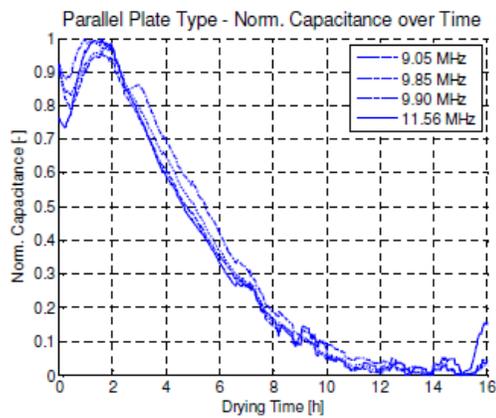




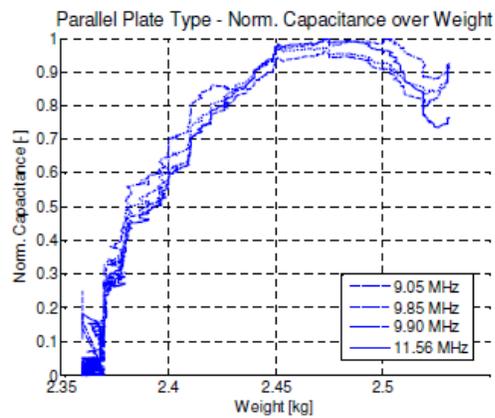
(a)



(b)



(a)



(b)

Hasil menunjukkan tidak terjadi perbedaan yang signifikan saat variabel frekuensi diubah-ubah. Memang terjadi penyimpangan antara hasil yang didapat dengan hasil yang diharapkan. Seharusnya nilai kapasitansi terus berkurang seiring dengan penurunan berat dan seiring berjalannya waktu. Tetapi pada awal percobaan, dimana waktu (0 – 1 h) dan berat (25.2 – 25 kg), terjadi peningkatan nilai kapasitansi. Namun menurut para peneliti hal ini dikarenakan perubahan suhu kayu yang mulai naik dari suhu ruangan hingga suhu oven. Perubahan suhu tersebut mengakibatkan perubahan permitivitas relatif. Selanjutnya setelah suhu oven konstan barulah hasil percobaan sesuai dengan hasil yang diinginkan. Nilai kapasitansi berkurang seiring dengan berkurangnya berat sampel dan seiring berjalannya waktu.

Bila kita membandingkan antara metode Planar dan metode Paralel, terdapat perbedaan. Pada grafik *Planar Type* (a), besar kapasitansi sudah tidak berubah setelah jam

ke 8. Namun pada grafik *Parallel Type (a)*, besar kapasitansi masih berubah pada jam ke 8 hingga jam ke 12. Demikian pula pada grafik kapasitansi terhadap berat. Pada metode *planar* besar kapasitansi antara berat 2.45 – 25 menghasilkan slope curam, sedangkan pada metode *parallel* cenderung tidak ada perbedaan. Menurut para peneliti, hasil ini dikarenakan metode *parallel* menembus bagian dalam sampel. Umumnya bagian dalam kayu lebih lama kering dibandingkan dengan sisi samping. Perbedaan tingkat kekeringan tersebut menjadikan sampel tidak homogen. Lebih baik dilakukan pengadukan saat proses pemanasan agar sampel tetap homogen atau digunakan jumlah sampel yang lebih sedikit.

Dari percobaan diatas, dapat disimpulkan bahwa frekuensi tidak memiliki pengaruh terhadap percobaan sensor kapasitif ini. Memang, hasil tersebut bisa juga diakibatkan dari range pemilihan frekuensi yg terlalu sempit, yaitu antara : 9 MHz – 11MHz. Dilihat dari metode sensornya, masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Pada metode *Planar*, kelebihanannya adalah hasil percobaan yang baik. Hal ini dapat dilihat dari slope grafik yang lebih konsisten dibandingkan pada grafik pada metode *Parallel*. Namun sayangnya metode *Planar* hanya mempresentasikan kondisi pada daerah tepi saja. Berbeda dengan metode *parallel* yang menembus medium dari kedua sisi. Namun akibat proses pengeringan yang tidak merata, hasil percobaan pada metode *parallel* menjadi di luar perkiraan.

## Referensi

<http://www.capacitive-sensing.com/capacitive-sensor-theory.html>

Larry K. Baxter. "*Capacitive Sensors*". 2000. IEEE Press.

Anton Fuchs, *et al.* "*USING CAPACITIVE SENSING TO DETERMINE THE MOISTURE CONTENT OF WOOD PELLETS – INVESTIGATIONS AND APPLICATION*". International Journal Vol2, No2 June 2009.