

# PENCITRAAN ELASTISITAS JARINGAN DENGAN ULTRASONOGRAFI PADA ANALISA TUMOR MAMMAE

Herlina Uinarni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran Atma Jaya, Universitas Katolik Indonesia, Jakarta

<sup>1</sup>Departemen Radiologi RS Pantai Indah Kapuk, Jakarta

## ABSTRACT

Tissue elasticity imaging with ultrasonography (USG) is used to obtain information about tissue stiffness. Elasticity is the ability of an object to return to its original shape after a force from the outside given. There are three changes to the form known in the review of the elasticity of an object, namely strain, compression and shear. Modulus of elasticity is stress compared to strain, or the stress per unit strain, and is also called as elastic modulus of the material (tissue).

Real-time ultrasound elastography is a further investigation after a detected mass in B-mode, after which pressure is applied lightly using the same *transducer*. Several studies report that ultrasound elastography diagnostic accuracy in assessing the mass as benign or malignant is similar to conventional ultrasound (sensitivity 89.8%, specificity 88.3%). Elastogram interpretation that is often used is two, namely the value of elasticity (elasticity score) and the ratio of strain (strain ratio). Based on these principle; malignant tumor tissue is rigid, not easily change shape and color with compression, and dark on elastogram, whereas benign tumor is softer, changing as the tissue is compressed and lighter colored. Elastography value can be used as additional data in differentiating malignant or benign mammary tumors particularly when the tumor is found dubious.

**Keywords:** ultrasound, elastography, elastogram, mammary tumors

## ABSTRAK

Teknik ultrasonografi (USG) pencitraan elastisitas jaringan digunakan untuk memperoleh informasi kekakuan jaringan. Elastisitas adalah kemampuan suatu objek untuk kembali ke bentuk awalnya setelah suatu gaya dari luar yang diberikan sebelumnya berakhir, benda tersebut dikatakan memiliki sifat elastis. Ada tiga perubahan bentuk yang dikenal dalam menelaah tentang elastisitas suatu benda, yaitu regangan, mampatan dan geseran. Modulus elastisitas yaitu tegangan terhadap regangan, atau tegangan per satuan regangan, disebut juga modulus elastik bahan (jaringan) yang bersangkutan.

*Real-time* USG elastografi merupakan pemeriksaan lanjutan setelah terdeteksi adanya massa (*B-mode*), setelah itu dilakukan penekanan ringan menggunakan *transducer* yang sama. Beberapa laporan penelitian menyatakan akurasi diagnosis USG elastografi dalam menilai massa jinak atau ganas hampir sama dengan USG konvensional (sensitifitas 89,8%, spesifitas 88,3%). Interpretasi elastogram yang sering digunakan ada dua, yaitu nilai elastisitas (*elasticity score*) dan rasio regangan (*strain ratio*). Berdasarkan prinsip; jaringan tumor ganas bersifat kaku, tidak mudah berubah bentuk dengan penekanan dan warnanya pada elastogram gelap, sedangkan tumor jinak lebih lembut, berubah dengan penekanan dan berwarna lebih terang. Nilai elastografi dapat digunakan sebagai data tambahan dalam membedakan tumor mammae ganas atau jinak terutama bila ditemukan tumor yang meragukan.

**Kata Kunci:** ultrasonografi, elastografi, elastogram, tumor mammae

## PENDAHULUAN

Teknik ultrasonografi (USG) pencitraan elastisitas jaringan digunakan untuk memperoleh informasi kekakuan jaringan. Palpasi merupakan salah satu teknik dasar pemeriksaan klinis yang digunakan sejak jaman dahulu dalam

penilaian benjolan/massa. Prinsip palpasi digunakan untuk menilai kekakuan dan elastisitas jaringan, namun palpasi sulit dilakukan dan terbatas pada kondisi di mana benjolan/massa terletak lebih dalam dari permukaan kulit atau ukuran massa yang kecil atau komposisi jaringan massa yang hampir sama dengan jaringan normal di sekitarnya.

Analisa elastisitas jaringan merupakan perkembangan yang penting dalam teknologi USG sejak ditemukannya pencitraan USG *doppler*. Pencitraan elastisitas regangan jaringan memberikan dimensi baru informasi diagnostik melalui pengukuran kualitatif atau kuantitatif dari kekakuan mekanik jaringan. Analisa regangan jaringan menjadi nilai tambah pemeriksaan USG konvensional dengan memberikan dimensi baru informasi. Informasi pencitraan impedansi akustik dengan *B-mode (grayscale)* akan memberikan gambaran morfologi anatomi jaringan, data pencitraan aliran pembuluh darah (USG *doppler*) dan dilengkapi dengan analisa regangan jaringan (elastografi). Data informasi USG gabungan ketiganya akan menjadikan diagnosis tumor pada semua organ yang dapat dinilai secara USG lebih tepat. Pada tulisan ini akan membahas penggunaan USG elastografi pada tumor payudara.

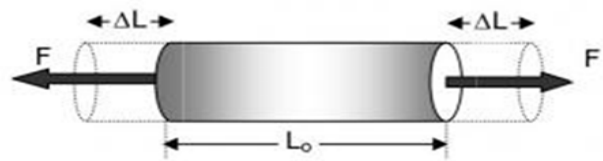
## FISIKA ELASTISITAS<sup>1</sup>

Sebelum membahas penggunaan modalitas elastografi pada klinis, sebaiknya pemahaman tentang fisika elastisitas kita perlu ingat kembali.

Elastisitas adalah kemampuan suatu objek untuk kembali ke bentuk awalnya setelah suatu gaya dari luar yang diberikan sebelumnya berakhir, benda tersebut dikatakan memiliki sifat elastis. Jika benda tersebut tidak kembali ke bentuk semula setelah gaya dihentikan, benda tersebut dikatakan memiliki sifat plastis. Ada tiga perubahan bentuk yang dikenal dalam menelaah tentang elastisitas suatu benda, yaitu regangan, mampatan dan geseran.

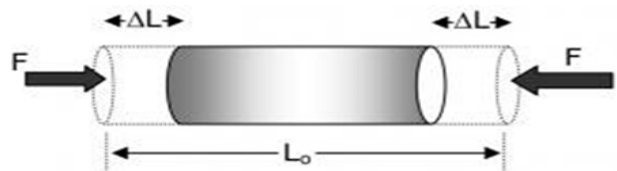
### Regangan

Regangan adalah perubahan bentuk yang terjadi jika dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah diberikan pada masing-masing bidang ujung benda dengan arah menjauhi benda, sehingga benda bertambah panjang.



### Mampatan

Mampatan adalah perubahan bentuk yang terjadi jika dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah diberikan pada masing-masing bidang ujung benda dengan arah menuju titik pusat benda sehingga benda bertambah pendek.



### Geseran

Geseran adalah perubahan bentuk yang terjadi jika dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah diberikan pada masing-masing benda sehingga benda mengalami pergeseran.



## MODULUS ELASTISITAS

Modulus elastisitas yaitu tegangan terhadap regangan, atau tegangan per satuan regangan, disebut juga modulus elastik bahan (jaringan) yang bersangkutan. Semakin besar modulus elastik, semakin besar pula tegangan yang diperlukan untuk regangan tertentu. Pada benda yang dikenai gaya ke arah memanjang (ditarik) atau ke arah memendek (ditekan) maka berlaku persamaan:

$$F/A = Y \cdot \Delta L/L_0$$

Ket : Y = modulus young  
 $\Delta L$  = perubahan panjang  
 L = panjang semula

Satuan modulus Young = kN/m<sup>2</sup> atau N/m<sup>2</sup> atau MPa, atau kPa (kiloPaskal). Satuan *stress* (tegangan) = satuan modulus Young. *Strain* (regangan) tidak memiliki satuan.

#### Modulus Regangan

Didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang awalnya (L). Pertambahan panjang ini tidak hanya terjadi pada ujungnya saja, tetapi pada setiap bagian batang yang terentang dengan perbandingan yang sama.

$$e = \frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang mula - mula}} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Karena merupakan hasil bagi dari dua besaran yang berdimensi sama, maka regangan tidak memiliki satuan.

#### Modulus Tegangan

Tegangan didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tarik (F) yang dikerjakan pada benda dengan luas penampangnya (A).

$$\tau = \frac{\text{gaya yang diberikan}}{\text{luas penampang}} = \frac{F}{A}$$

Dalam Satuan Internasional, tegangan memiliki satuan N/m<sup>2</sup> atau Pascal

Besarnya gaya untuk menghasilkan tegangan dan regangan tiap-tiap benda (jaringan) pada umumnya berbeda, tergantung pada jenis dan sifat benda. Modulus Elastisitas (Modulus Young), didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan, dengan regangan suatu

bahan selama gaya yang bekerja tidak melampaui batas elastisitasnya.

$$\text{Modulus Elastisitas} = \frac{\text{Tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{\tau}{e}$$

$$E = \frac{\tau}{e} = \frac{FL_0}{A \Delta L}$$

Dalam SI satuan modulus elastisitas (E) sama dengan satuan tegangan. Semakin besar nilai E, berarti semakin sulit untuk merentangkan benda (gaya yang lebih besar).

## PENCITRAAN (USG) ELASTOGRAFI

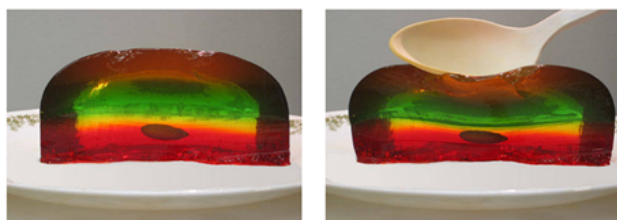
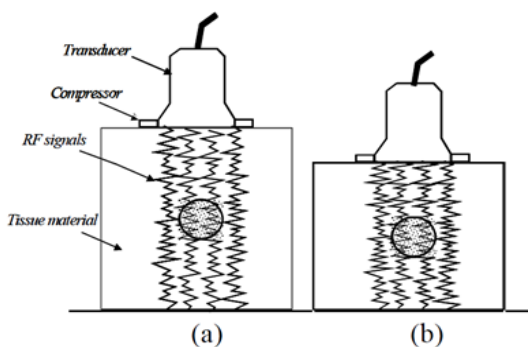
Elastografi merupakan teknik pencitraan medis yang dapat mendeteksi tumor berdasarkan kekakuan (elastisitas) jaringan. Dengan kompresi jaringan (sebagai tekanan), profil ketegangan relatif dihitung dalam dimensi aksial (sebagai regangan). Perbedaan relatif gerakan jaringan dihitung dengan perangkat lunak, dan kemudian dapat memperkirakan deformasi jaringan. Profil regangan ini kemudian dikonversi menjadi gambar (elastogram) yang dapat dinilai kekakuan relatif dari daerah tertentu yang jadi target.

*Real-time* USG elastografi merupakan pemeriksaan lanjutan setelah terdeteksi adanya massa (*B-mode*), setelah itu dilakukan penekanan ringan menggunakan *transducer* yang sama. Seperti halnya pada USG secara umum teknik ini memiliki kekurangan yaitu dalam hal ini ketergantungan pada operator, dan sejumlah besar variabilitas yang dapat terjadi selama akuisisi data hingga terjadinya gambar elastogram sampai interpretasi hasil.<sup>2</sup> Untuk mendapatkan kualitas elastogram yang optimal tentunya diperlukan alat dengan kualitas resolusi gambar yang baik. Sistem ultrasonografi Siemens ACUSON™ menampilkan berbagai aplikasi dengan menyeluruh, analisa tegangan jaringan yang memungkinkan pengukuran nilai kualitatif visual atau kuantitatif dari kekakuan mekanik (elastisitas) sifat-sifat jaringan. Dengan menggunakan kompresi ringan maka akan didapatkan gambar (elastogram).

Tahun 1991, Ophir memperkenalkan statis elastografi, seperti halnya semua modalitas yang tidak sempurna, teknik ini tidak dapat menilai kuantitas tegangan jaringan. Beberapa tahun kemudian (1999) beberapa peneliti (antara lain: Catheline, Sandrin)

memperkenalkan *transient elastography (supersonic shear imaging/SSI)* yang merupakan penggabungan metode USG elastografi statis dengan elastografi MRI sehingga dapat menilai elastisitas secara kualitatif dan kuantitatif serta mengurangi ketergantungan operator.<sup>3</sup> Prinsip elastografi dengan teknik USG statis (Gambar 1).<sup>4</sup>

Beberapa laporan penelitian menyatakan akurasi diagnosis USG elastografi dalam menilai massa jinak atau ganas hampir sama dengan USG konvensional (sensitivitas 89,8%, spesifitas 88,3%) . Elastografi dilakukan dengan *probe* USG konvensional yang sama dan tidak memerlukan peralatan tambahan, dan pada saat yang sama sebagai citra *B-mode*. Gambar *elastographic* didapatkan dengan menggunakan teknik *manual freehand* (teknik diperkenalkan oleh Itoh dkk). Kualitas gambar elastisitas dapat dinilai dari tingkat kebisingan (*noise level*) dan konsistensi informasi (konsisten dari *frame* ke *frame*). Kualitas elastogram yang baik memiliki: informasi ketegangan yang valid dan panjang gambar ketegangan berturut-turut dengan tingkat kebisingan rendah serta gambar ketegangan konsisten dari *frame* ke *frame*.<sup>2</sup> Pada gambar elastogram untuk menilai massa payudara, area gambar tercakup: otot pektoralis dinding dada sejajar dengan *probe*. Lesi dikompresi secara vertikal (transduser dengan tekanan ringan). Bagian atas area lesi disertakan jaringan lemak subkutan, dan bagian bawahnya mencakup otot-otot dada; batas lateral lesi lebih dari 5 mm.<sup>3</sup>



Gambar dari: [http://breastcancer.about.com/od/diagnosis/ss/elastography\\_3.htm](http://breastcancer.about.com/od/diagnosis/ss/elastography_3.htm)

**Gambar 1.** Prinsip elastografi: jaringan yang dilalui radiofrekuensi a.) sebelum dan b.) setelah penekanan ringan yang merata. Pada lesi/massa jaringan keras

terjadi penyimpangan daripada jaringan sekitarnya, yang menunjukkan ketegangan jaringan.

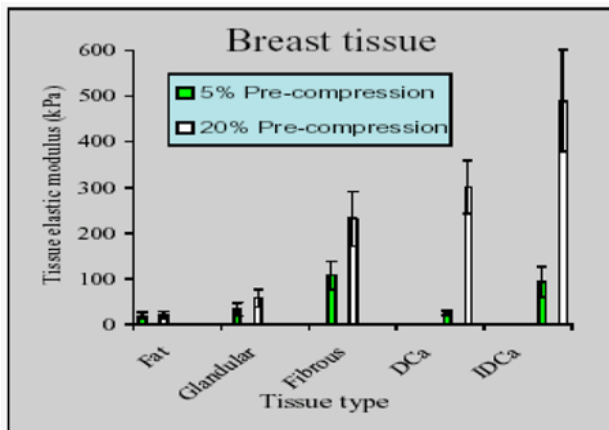
Pencitraan elastisitas jaringan memungkinkan untuk melihat informasi jaringan dalam cara yang berbeda berdasarkan sifat mekanik jaringan. Elastogram merupakan media visualisasi kualitatif dari kekakuan jaringan, warna putih menunjukkan jaringan lebih lunak dan hitam menunjukkan jaringan yang lebih keras. Juga tersedia informasi peta berwarna, yang mana kekakuan jaringan digambarkan dalam berbagai warna. Warna untuk setiap *pixel* sesuai dengan tingkat ketegangan dalam area penilaian dengan menggunakan skala dari merah (tegangan terbesar, paling lunak), hijau (tegangan rata-rata, intermediate), biru (tidak ada tegangan, yang paling keras).<sup>2,3</sup> Pada elastogram dapat menampilkan gambar tegangan relatif lunak atau keras suatu area yang dinilai terhadap jaringan sekitarnya. Pencitraan elastisitas jaringan menyediakan informasi tambahan yang dapat meningkatkan temuan dan akurasi diagnostik.

Penilaian elastisitas dengan USG tidak hanya berdasarkan kualitatif (perubahan warna). Arda, dkk melaporkan hasil penelitian mereka mengenai nilai elastisitas jaringan organ normal, sebagai berikut: glandula tiroid ( $10.97 \pm 3.1$  kPa), glandula submandibula ( $10.92 \pm 3.1$  kPa), glandula parathyroid ( $10.38 \pm 3.5$  kPa), muskulus masseter ( $10.4 \pm 3.7$  kPa), muskulus gastroknemius ( $11.1 \pm 4.1$  kPa), muskulus supraspinatus ( $31.2 \pm 13$  kPa), tendon Achilles ( $51.5 \pm 25.1$  kPa), korteks renalis ( $5.0 \pm 2.9$  kPa), pelvis renalis ( $23.6 \pm 5.4$  kPa), pankreas ( $4.8 \pm 3$  kPa) dan lien ( $2.9 \pm 1.8$  kPa).<sup>4</sup> Jadi pada prinsipnya semua organ tubuh yang dapat dinilai dengan USG konvensional juga dapat dinilai elastisitasnya.

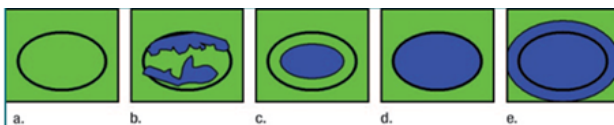
Penilaian kuantitatif elastisitas jaringan payudara normal sesuai dengan penelitian Tanter dkk, didapatkan: nilai E jaringan lemak (3-7 kPa), parenkim payudara (40-50 kPa). Nilai elastisitas jaringan tumor mammae adalah nilai E > 100 kPa pada tumor ganas dan nilai E 45-80 kPa pada tumor jinak.<sup>5</sup> Beberapa laporan hasil penelitian nilai elastisitas jaringan normal dan tumor payudara, didapatkan nilai E tidak berbeda bermakna (Gambar 2).

Interpretasi elastogram yang sering digunakan ada dua, yaitu nilai elastisitas (*elasticity score*) dan rasio regangan (*strain ratio*). Berdasarkan prinsip; jaringan tumor ganas bersifat kaku, tidak mudah berubah bentuk dengan penekanan dan warnanya pada elastogram

gelap, sedangkan tumor jinak lebih lembut, berubah dengan penekanan dan berwarna lebih terang. Sistem penilaian ada lima skala yang dilaporkan oleh Itoh dkk, lima skala ini menyerupai pengelompokan bersarkan sistem BIRAD. Klasifikasi pola penilaian berdasarkan skala yang dikenal sebagai Tsukuba Score (Gambar 3).



**Gambar 2.** Modulus elastisitas jaringan payudara normal dan jaringan tumor (DCa: ductal carcinoma, IDCa : invasive ductal carcinoma).<sup>5,7,8</sup>



**Gambar 3.** Lingkaran hitam menunjukkan batas/dinding lesi hipoeoik, dibandingkan dengan jaringan payudara sekitarnya.

### Elasticity Score

Klasifikasi nilai elastisitas menggunakan Tsukuba Score.

- Skor A.1 (E1) Seluruh lesi berwarna sama dengan jaringan sekitarnya (hijau).
- Skor B.2 (E2) Lesi hipoeoik dengan pola mosaik hijau dan biru.
- Skor C.3 (E3) Bagian tepi lesi (hijau), dan bagian tengahnya biru.
- Skor D.4 (E4) Seluruh lesi (biru), tetapi tidak termasuk jaringan sekitarnya.
- Skor E.5 (E5) Seluruh lesi (biru), juga jaringan sekitarnya sama berwarna biru.

### Strain ratio

Informasi *strain ratio* (rasio regangan), berdasarkan nilai ukuran regangan sebenarnya (% perpindahan) dari semua piksel di setiap area evaluasi (ROI) dan nilai angka untuk kekakuan relatif yang ditampilkan. Persentase perpindahan untuk masing-masing ROI dengan posisi tingkat kedalaman yang sama ditampilkan dan rasio regangan dapat terhitung. Itoh dkk melaporkan nilai elastisitas strain ratio, beberapa laporan penelitian didapatkan nilai elastisitas relatif hampir. Itoh, dkk, menggunakan nilai  $4,2 \pm 0,9$  untuk lesi ganas dan  $2,1 \pm 1,0$  untuk lesi jinak. Titik *cut-off* yang digunakan antara 3 dan 4 digunakan, elastografi memiliki sensitivitas 86,5%, spesifisitas 89,8%, dan akurasi 88,3%. Elastografi memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dari US konvensional serta spesifisitas elastografi tidak kalah dengan US konvensional dan keakuratan elastografi setara dengan US konvensional.<sup>3</sup>

Gera dkk, sejak tahun 1997, telah melakukan penelitian mengenai sifat elastisitas jaringan tumor. Mereka mendapatkan nilai sensitivitas 86,7% dan spesifisitas 92,9% untuk skor elastisitas dan sensitivitas 93,3% dan spesifisitas 92,9% untuk SR (titik *cut-off* 3,67). Indeks regangan pada tumor ganas  $6,57 \pm 6,62$  (kisaran 1,29-28,69) dan  $2,63 \pm 4,57$  (kisaran 0,54-38,76) pada tumor jinak.<sup>9</sup>

Pemeriksaan dengan elastografi meningkatkan spesifisitas USG dan memungkinkan diagnosis dini kanker payudara. Elastografi kuantitatif, terutama dengan indeks rasio regangan (SR), meningkatkan akurasi diagnostik dan penurunan jumlah biopsi.<sup>9,10</sup>

Agar kualitas elastogram optimal, perlu diketahui beberapa penyulit yang dapat mengurangi kualitas elastogram, bahkan gambar elastogram tidak layak dinilai antara lain:

1. Terlalu banyak tekanan pada transduser menyebabkan:
  - a. Jaringan tumor yang kaku tidak berbeda dengan jaringan sekitarnya,
  - a. Lokasi massa/tumor dapat bergeser,
  - a. Timbul *noise* artefak.
2. Gerakan terlalu banyak atau terlalu sedikit dari transduser selama kompresi dapat menyebabkan gagalnya metode korelasi silang yang digunakan untuk mendeteksi perpindahan jaringan dan timbul artefak.

Untuk menjaga kualitas gambar elastogram dan

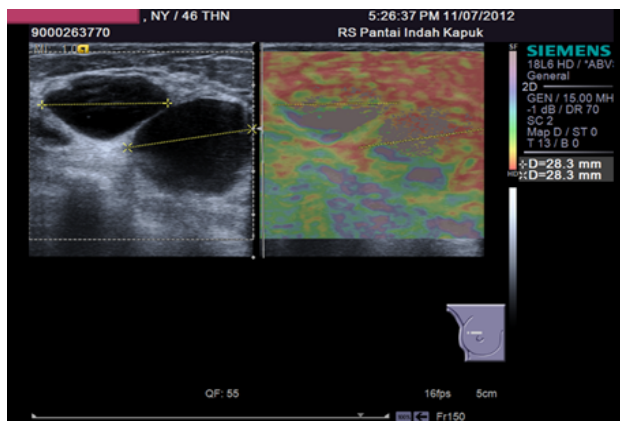
membantu pengguna selama pemeriksaan, beberapa produsen menggunakan indikator kualitas, yang dapat ditampilkan sebagai nilai numerik atau sebagai batang warna. *eSie Touch Elasticity Imaging* (SIEMENS) menggunakan nilai QF (*quality factor*). QF menjadi alat bantu dalam pemilihan *frame* yang sesuai. Nilai yang lebih tinggi menyatakan kualitas yang lebih baik. Pada pemeriksaan elastografi payudara nilai QF yang umum digunakan adalah dari 55+.

**KESIMPULAN**

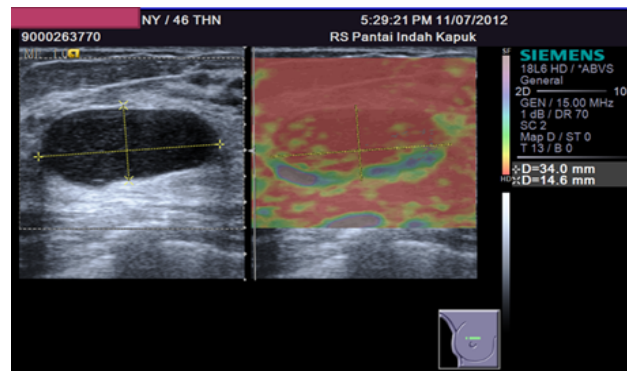
USG elastografi merupakan bagian dari USG konvensional atau USG doppler. Pemeriksaan elastografi adalah metode cepat dan sederhana yang dapat melengkapi USG konvensional. Nilai elastografi dapat digunakan sebagai data tambahan dalam membedakan tumor mammae ganas atau jinak terutama bila ditemukan tumor yang meragukan.

**CONTOH KASUS**

- 1. Wanita 46 tahun, multiple cyst dan FAM

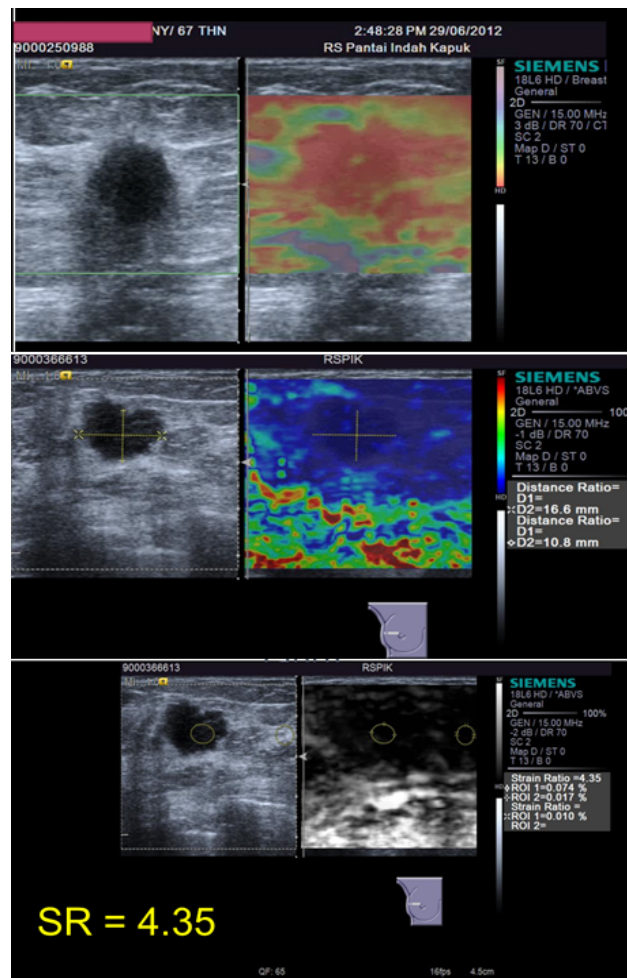


Gambar 4. Gambaran kista pada pemeriksaan USG elastografi.



Gambar 5. Gambaran FAM pada pemeriksaan USG elastografi.

- 2. Wanita 66 tahun dengan lesi indeterminate. Hasil PA : AdenoCa.



Gambar 6. Gambaran adenokarsinoma pada pemeriksaan USG elastografi.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Sisyanto R. Elastisitas; Bagian 1 [Internet]. Sepenggal Harap. 2010 [cited 12 November 2015]. Available from: <https://sepenggal.wordpress.com/2010/11/03/elastisitas-bagian-1/>
2. Chang JM, MoonWK, Kim CN SJK. Breast mass evaluation. Factors influencing the quality of US elastography. *Radiology* 2011; 259(1):59-64.
3. Itoh A, Ueno E, Tohno E, et al. Breast disease clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006; 239(2):341-50.
4. Arda K, Ciledag N, Aktas E, Aribas BK, Kose K. Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastografi. *Am J Roentgenol* 2011; 197(3):532-6.
5. Tanter M, Bercoff J, Athanasiou, Deffieux T, Gennisson JL, Montaldo G, et al. Quantitative assessment of breast lesion viscoelasticity: initial clinical results using supersonic shear imaging. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2008; 34(9):1373-86.
6. Konofagou EE, Ophie J. Krouskop TA, Garra BS. Elastography: From theory to clinical application. Summer Bioengineering Conference, 2003, June 26-29. Sonesta Beach Resort in Key Bisacayne, Florida. (<http://www.tulane.edu/~sbc2003/pdfdocs/0367.PDF>).
7. Krouskop T, Wheeler T, Kallel F, Garra B, Hall T. Elastic Moduli of Breast and Prostate Tissues under Compression. *Ultrasonic Imaging*. 1998;20(4):260-74.
8. Garra B, Cespedes E, Ophir J, Spratt S, Zurbier R, Magnant C et al. Elastography of breast lesions: initial clinical results. *Radiology*. 1997;202(1):79-86.
9. Gheonea IA, Syoica Z, Bondari S. Differential diagnosis of breast lesion using ultrasound elastography. *Womens Radiology* 2011; 21(4):301-5.
10. Cho N, Moon WK, Kim HY, Chang JM, Park SH, Lyou CH. Sonoelastographic strain index for differentiation of benign and malignant nonpalpable breast masses. *JUM* 2010; 29(1):1-7.