

PEMBUATAN PEMODELAN SISTEM *GROUND BASED SYNTHETIC APERTURE RADAR* (GB-SAR) UNTUK APLIKASI DETEKSI LONGSOR

Fitri Diana¹⁾, Asrizal²⁾, Yohandri²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, Jurusan Fisika FMIPA UNP

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA UNP
dianafitri686@gmail.com

ABSTRACT

Ground Based Synthetic Aperture Radar (GB-SAR) is used for monitoring the displacement of landslides. Arrangement geometry of GB-SAR depend on the local topography. Calculation parameters of Synthetic Aperture Radar (SAR) system and design of tools developed need to be assessed, so that, we get the key parameters for developing the GB-SAR system matching as needed. The purpose of this research are to simulate the modeling of GB-SAR system towards the target area and resulted in the formulation of the reduction in SAR system and geometry of the illustration geometry of GB-SAR system. In general, appearance this modeling consists of two parts which are an application program and graphic modeling. GB-SAR modeling is developed based on software GUI Matlab. Variables in this research are slope hill angle, a distance of sensor to the target and bandwidth. The results of this research consists of three parts, namely the results of the formulation parameters GB-SAR geometry which are slant range center, maximum and minimum slant range, ground swath, image size, n synthetic aperture length, the next result is shape modeling GB-SAR system, and the relation between of each parameter. GB-SAR system modeling suggests that the relation between distance to the slant range and ground swath is linear proportional, while the slope hill angle is inversely proportional. In other side Relation of ground resolution with bandwidth is inversely proportional and relation ground swath with slope hill angle is linear proportional.

Keywords : Landslide, SAR, GB-SAR., System, Modeling

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang sangat rentan terhadap bahaya iklim dan frekuensi bencana alam yang semakin meningkat. Bencana alam dapat terjadi dimana saja dan kapan saja. Salah satu kasus bencana alam yang sering terjadi di Indonesia adalah tanah longsor. Bencana longsor sering terjadi pada musim penghujan terutama di daerah pegunungan dan perbukitan. Pada saat curah hujan tinggi mencapai 300 mm/hari maka potensi terjadi longsor sangat besar. Pada saat tanah mulai bergeser sejauh 3 cm maka tanah berpotensi longsor^[1].

Kondisi wilayah yang berpotensi longsor menjadi masalah yang umum bagi masyarakat yang berada di daerah tersebut. Peristiwa tanah longsor menimbulkan banyak korban jiwa dan kerugian materil bagi kehidupan masyarakat. Kerugian lain yang disebabkan tanah longsor adalah terputusnya hubungan antar daerah. Salah satunya adalah terham batnya pendistribusian bahan pangan, sandang dan kebutuhan lainnya.

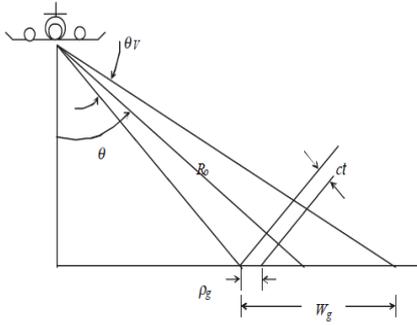
Berbagai usaha terus dikembangkan baik pemerintah nasional maupun pemerintah daerah, guna mencegah dan mendeteksi dini terjadinya tanah longsor. Namun, dengan terbatasnya informasi dan sulitnya mendeteksi dini terjadinya longsor men yebabkan penanganan bencana ini masih kurang maksimal. Adapun alat yang telah ada seperti alat deteksi longsor yang menggunakan sensor ekstensi ometer untuk memonitoring terjadi longsor juga mem punya kekurangan diantaranya, penggunaan sistem

yang sifatnya mekanis contohnya, penggunaan tali yang terhubung dengan sensor. Respon akan ter ganggu ketika sensor ini diinstal di lapangan pada daerah yang rentan terhadap tanah longsor jika ada hewan, batu, atau benda lain yang menggeser tali tersebut. Kerugian lainnya, alat deteksi ini memer lukan banyak titik untuk peletakkan sensor atau alat sesuai dengan luas area pengamatan, jika terjadi longsor, alat tersebut akan terbawa longsor karena alat ini diletakkan pada daerah yang diperkirakan rawan longsor, dan sebagainya. Oleh karena itu, maka diperlukan suatu sistem teknologi yang bisa memonitoring per gerakan tanah secara terus menerus pada jarak jauh.

Teknologi yang dapat digunakan adalah tekno logi alat pengindra jauh berbasis radar. Radar meru pakan penginderaan yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mengiluminasi objek dan me nerima sinyal pantulan. Penginderaan jauh radar me miliki keunggulan dalam sistem operasinya, dian taranya dapat beroperasi pada segala kondisi cuaca dan mampu menembus awan, bahkan kanopi dari hu tan. Selain itu, penginderaan jauh radar juga mampu bekerja kapan saja baik siang maupun malam. Saat ini data radar yang diterima berasal dari satelit yang datanya tidak bisa direkam terus menerus pada pusat daerah rawan longsor, sehingga radar ini tidak bisa digunakan untuk deteksi dini terjadinya tanah longsor. Dengan demikian perlu dikembangkan sis tem radar yang bisa mendeteksi dan memberikan data pergerakan tanah secara terus menerus.

Salah satu inovasi dari sistem radar yang dikembangkan adalah penggunaan sensor *Synthetic Aperture Radar* (SAR). Sensor SAR merupakan radar citra (*imaging radar*) yang bekerja dengan menggunakan gerak relatif antara antena dan area target nya untuk mensimulasikan antena yang cukup besar. SAR merupakan sensor penginderaan jauh yang aktif^[2]. SAR biasanya digunakan untuk penginderaan jauh *airborne* atau *spaceborne*. Parameter geometri SAR didapat dari beberapa persamaan. Berikut adalah beberapa parameter SAR beserta variabel masukan yang dibutuhkan diantaranya Pusat *Slant Range*, Maksimum dan minimum *Slant Range*, Lebar *Ground Swath*, Panjang *Synthetic Aperture* pada R_c , ukuran gambar, dan Resolusi *Ground*.

Pusat *Slant Range* (R_o) merupakan bidang yang memuat vektor kecepatan sensor dan vektor *slant range* untuk sebuah target yang spesifik^[3]. R_o dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Geometri *Slant Range*^[4]

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh kemiringan rentang pusat *slant range*, R_o sebagai berikut

$$R_o = \frac{h}{\cos \theta_l} \quad (1)$$

dengan h adalah ketinggian radar (m). dan θ_l adalah sudut pandang ($^\circ$).

Jarak maksimum (R_{max}) yaitu besar jarak maksimum yang dapat disapu oleh sebuah pulsa yang sejajar dengan letak objek sapuan. Jarak minimum (R_{min}) yaitu besar jarak minimum yang dapat disapu oleh sebuah pulsa yang sejajar dengan letak objek sapuan^[5]. Berdasarkan Gambar 1 didapatkan R_{max} dan R_{min} sebagai berikut :

$$R_{max} = \frac{h}{\cos(\theta_l + \theta_{el}/2)} \quad (2)$$

$$R_{min} = \frac{h}{\cos(\theta_l - \theta_{el}/2)} \quad (3)$$

dengan θ_{el} adalah *elevation beamwidth* ($^\circ$).

Lebar *Ground swath* (W_g) yaitu besar lebar sapuan yang dapat dilakukan oleh radar di permukaan bumi^[4]. Berdasarkan Gambar 1, W_g diberikan :

$$x_{max} = R_{max} \sin(\theta_l + \theta_{el}/2)$$

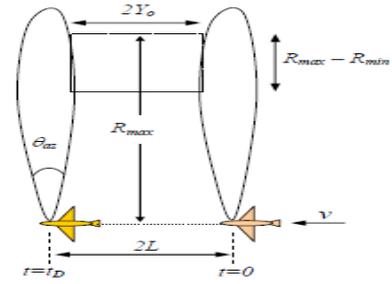
$$x_{min} = R_{min} \sin(\theta_l - \theta_{el}/2)$$

$$W_g = x_{max} - x_{min}$$

atau

$$W_g = \sqrt{R_{max}^2 - h^2} - \sqrt{R_{min}^2 - h^2} \quad (4)$$

x_{max} adalah maksimum range (m) dan x_{min} adalah minimum range (m).



Gambar 2. *Cross Range Geometry*

Panjang *Synthetic Aperture* pada R_o (L_{syn}) adalah Panjang atau jarak radar *synthetic aperture* yang beroperasi atau panjang celah sintetik. Berdasarkan Gambar 2 diperoleh L :

$$L_{syn} = 2R_o \tan(\theta_{az}/2) \approx R_o \theta_{az} \quad (5)$$

Dengan θ_{az} adalah sudut *azimuth beamwidth*. Jarak total lintasan ($2L$) merupakan jumlah lintasan yang ditempuh oleh sensor. Pada Gambar 2 diperoleh $2L$ yaitu

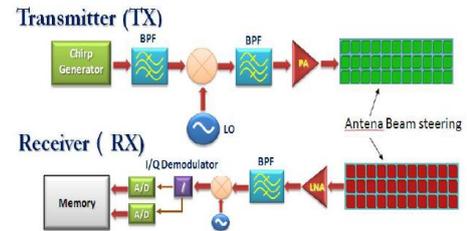
$$2L = 2Y_0 + L_{syn} \quad (6)$$

Ukuran pencitraan adalah luas sapuan radar yang disebabkan oleh setiap pancaran pulsa. Ukuran pencitraan merupakan hasil perkalian lebar *Ground Swath* dengan jarak terbang total.

$$I_s = 2Y_0 W_g \quad (7)$$

SAR juga dapat dimanfaatkan dalam sistem pencitraan radar berbasis *ground* yang dikenal dengan sistem GB-SAR (*Ground Based Synthetic Aperture Radar*). Sensor GB-SAR menggunakan teknik yang sama dengan Satelit SAR. GB-SAR merupakan pelengkap yang valid untuk sensor satelit pada tanah longsor. Bahkan dalam beberapa situasi GB-SAR adalah satu-satunya sensor yang dapat dikerahkan untuk menjamin fleksibilitas yang diperlukan dan kemampuan beradaptasi yang diperlukan untuk setiap kasus tertentu^[6]. Tidak seperti SAR yang pengamatannya sebagian besar dari bumi, sistem GB-SAR menghasilkan pencitraan resolusi tinggi untuk pengambilan bagian permukaan bumi dalam ukuran yang terbatas^[7].

Dalam perekaman data, sensor GB-SAR dibangun oleh beberapa blok rangkaian yang terdiri dari *transmitter*, *receiver*, dan antena seperti terlihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram Sensor GB-SAR^[8]

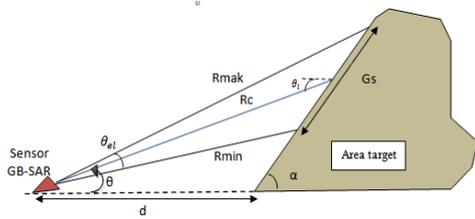
Pada tahun-tahun terakhir ini, GB-SAR telah terbukti menjadi alat yang ampuh untuk perpindahan pemantauan dan deformasi yang menyertai gerakan massa seperti misalnya longsor^[9]. GB-SAR diguna

kan untuk pemantauan perpindahan dari tanah longsor dan lereng. Susunan geometris dari GBSAR sangat berbeda dari pengamatan *spaceborn* dan tergantung pada topografi lokal^[6]. Perhitungan parameter diperlukan dengan menentukan perumusan atau formula dari sistem SAR dan desain dari alat yang akan dikembangkan perlu dikaji, sehingga diperoleh parameter kunci untuk mengembangkan sensor GB-SAR yang sesuai dengan kebutuhan.

METODE PENELITIAN

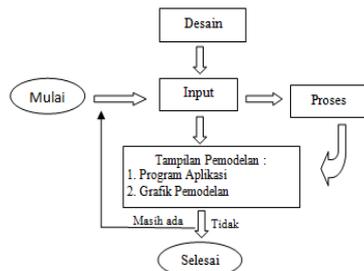
Suatu cara yang menduplikasi atau menggambarkan ciri, tampilan dan karakteristik dari sistem nyata dikenal dengan metode penelitian simulasi^[10]. Penelitian simulasi biasanya memiliki hasil yang lebih ideal daripada aslinya. Penelitian ini biasanya dilakukan untuk menghemat biaya penelitian yang mungkin akan menghabiskan biaya yang cukup besar. Penelitian metode ini juga banyak digunakan oleh peneliti yang ingin menganalisa suatu kejadian sebelum melakukan penelitian secara langsung. Penelitian dapat membantu dalam memprediksi kendala-kendala yang akan terjadi pada penelitian yang akan dilakukan secara langsung. Perangkat komputer terutama pada penelitian ilmiah yang tidak berhubungan dengan manusia secara langsung.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan analisis perancangan perumusan parameter geometri sistem GB-SAR, bentuk pemodelan parameter sistem GB-SAR, dan hubungan antara parameter. Bentuk ilustrasi dari geometri *slant range* dapat ditunjukkan pada Gambar 4 .



Gambar 4. Geometri Slant Range

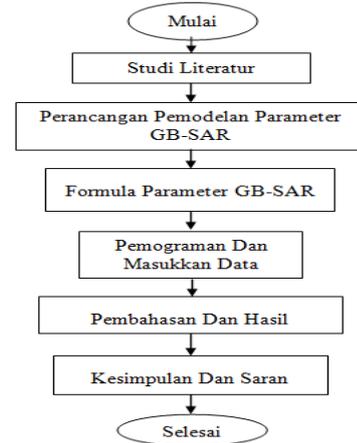
Berdasarkan Gambar 4 didapatkan analisis perumusan parameter-parameter sistem GB-SAR terhadap target area. Perumusan yang dianalisis hanya pada geometri sistem GB-SAR. Langkah selanjutnya akan dibuat desain dan program pemodelan sistem GB-SAR menggunakan GUI Matlab. Diagram pemodelan yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Pemodelan Menggunakan Software Matlab.

Gambar 5 menjelaskan bahwa desain program aplikasi GB-SAR akan dirancang pada GUI Matlab kemudian dibuat pemrogramannya berdasarkan perumusan parameter yang diperoleh sebelumnya. Design GB-SAR tersebut akan disimpan. Nilai parameter masukan akan dimasukkan pada program ketika sudah dijalankan dan menghasilkan grafik pemodelan. Data parameter masukan akan diproses oleh *software GUI Matlab* dan menghasilkan data-data yang diperlukan serta grafik pemodelannya.

Secara terperinci langkah-langkah dalam metode penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Perencanaan Penelitian

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa, langkah pertama adalah studi literatur. Studi literatur disini merupakan tahapan untuk memahami dan mempelajari konsep-konsep yang terkait dengan tanah longsor dan GB-SAR. Konsep tersebut antara lain tanah longsor dan faktor terjadinya longsor, pengertian radar dan sensor SAR, parameter-parameter SAR dan pengertian GB-SAR serta mengkaji mengenai *software GUI Matlab* yang akan digunakan.

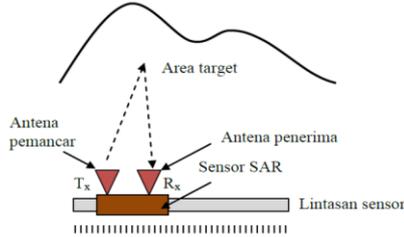
Pada tahap perancangan pemodelan parameter GB-SAR menggunakan *software GUI Matlab* untuk membentuk pemodelan yaitu dengan perancangan program aplikasi dari GB-SAR tersebut. Sebelum dilakukan perancangan program aplikasi terlebih dahulu membuat perumusan atau formula yang akan digunakan untuk pemrograman. Pembahasan dan hasil merupakan metode untuk menganalisis berdasarkan hasil perhitungan dari data yang dimasukkan dan memperlihatkan hubungan antara parameter GB-SAR pada pemodelan. Parameter-parameter geometri akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Terakhir akan dibuat kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dan pembahasan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Penelitian pemodelan ini menghasilkan desain atau pemodelan dari sensor GB-SAR dengan lereng atau bukit serta parameter-parameter dan formula parameter dari sensor GB-SAR. Hasil simulasi berupa program aplikasi dan pemodelan serta grafik

yang menyatakan hubungan antara kemiringan bukit dan jarak terhadap jarak maksimum *slant range* (R_{mak}), jarak minimum *slant range* (R_{min}), pusat *slant range* (R_c) dan *ground swath* (G_s). Ilustrasi sensor GB-SAR dapat diperhatikan pada Gambar 7.

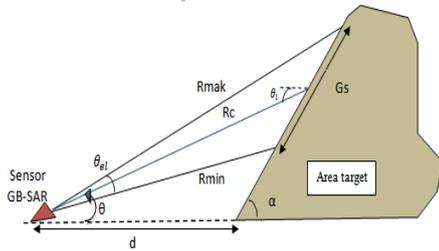


Gambar 7. Ilustrasi Sensor GB-SAR

Gambar 7 menyatakan bahwa sensor GB-SAR bekerja dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik menuju target area yang akan diamati dan menangkap sinyal pantulan dari target. Untuk membuat suatu gambar, maka sensor GB-SAR harus bergerak sepanjang lintasan sambil menembakan dan menangkap pantulan setiap perubahan posisi dalam lintasan. Data sinyal pantulan kemudian disimpan dan diproses untuk menghasilkan gambar.

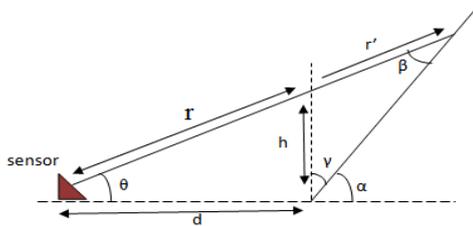
a. Perumusan Parameter dari Sistem GB-SAR

Dalam menentukan perhitungan parameter geometri GB-SAR maka diperlukan suatu pemodelan. Adapun parameter dari geometri sensor GB-SAR diilustrasikan pada Gambar 8 untuk geometri *slant range* dan Gambar 9 untuk *cross slant range*.



Gambar 8. Geometri *Slant Range*

Berdasarkan Gambar 8 diperoleh analisis perumusan untuk nilai Geometri dari sensor GB-SAR. Pada sistem GB-SAR untuk nilai R_c dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pusat *Slant Range*

Dari Gambar 9 terlihat bahwa $R_c = r + r'$, sehingga dapat diturunkan menggunakan rumusan geometri :

$$\cos \theta = \frac{d}{r}, \text{ sehingga} \quad r = \frac{d}{\cos \theta} \quad (8)$$

untuk r' menggunakan hubungan segitiga sembarang dengan sisi-sisinya adalah h , r' dan sudut β , γ . Dengan menggunakan aturan sinus didapatkan,

$$\frac{r'}{\sin \gamma} = \frac{h}{\sin \beta}$$

Persamaan untuk r' adalah

$$r' = \frac{h \cdot \sin \gamma}{\sin \beta} \text{ dengan } h = r \sin \theta$$

$$r' = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} r \sin \theta \quad (9)$$

dengan menggunakan persamaan trigonometri maka bisa diperoleh

$$\sin \gamma = \sin (90 - \alpha) = \cos \alpha \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \sin (180 - \gamma - (90 + \theta)) \\ &= \sin (180 - (90 - \alpha) - (90 + \theta)) \\ &= \sin (\alpha - \theta) \end{aligned} \quad (11)$$

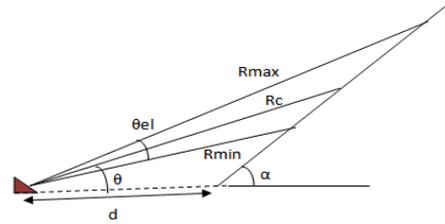
Dengan mensubstitusi Persamaan (9), (10), dan (11) pada persamaan (12) maka diperoleh :

$$\begin{aligned} r' &= \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} \cdot r \sin \theta \\ &= \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha - \theta)} \cdot \frac{d}{\cos \theta} \sin \theta \\ &= \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha - \theta)} \cdot d \tan \theta \end{aligned} \quad (12)$$

Maka R_c diperoleh dengan mensubstitusi persamaan (8) dan persamaan (12)

$$\begin{aligned} R_c &= r + r' \\ &= \frac{d}{\cos \theta} + \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha - \theta)} \cdot d \tan \theta \end{aligned} \quad (13)$$

Ilustrasi maksimum dan minimum *slant range* pada sistem GB-SAR dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Maksimum dan Minimum *Slant Range*

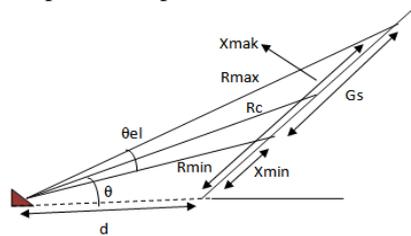
Berdasarkan Gambar 10, Maksimum *slant range* (R_{mak}) dapat dirumuskan dengan penambahan sudut θ sebesar $\theta_{el}/2$

$$\begin{aligned} R_{\text{mak}} &= \frac{d}{\cos(\theta + \frac{\theta_{el}}{2})} + \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha - \theta - \frac{\theta_{el}}{2})} d \\ &\quad \tan\left(\theta + \frac{\theta_{el}}{2}\right) \end{aligned} \quad (14)$$

Dan untuk minimum *slant range* (R_{min}) diperoleh

$$\begin{aligned} R_{\text{min}} &= \frac{d}{\cos(\theta - \frac{\theta_{el}}{2})} + \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha - \theta + \frac{\theta_{el}}{2})} d \\ &\quad \tan\left(\theta - \frac{\theta_{el}}{2}\right) \end{aligned} \quad (15)$$

Nilai lebar *ground Swath* (G_s) pada sistem GB-SAR dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Analisis Lebar *Ground Swath*

Berdasarkan Gambar 11, didapatkan perhitungan untuk lebar *ground swath* (Gs) melalui persamaan hubungan segitiga sembarang diperoleh :

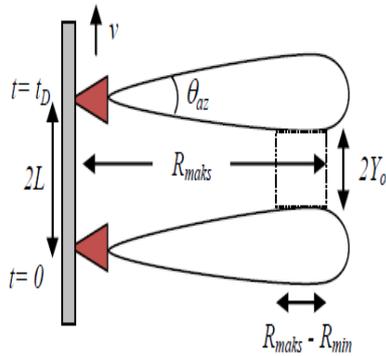
$$X_{mak} = \sqrt{R_{mak}^2 + d^2 - 2 R_{mak} d \cos\left(\theta + \frac{\theta_{el}}{2}\right)}$$

$$X_{min} = \sqrt{R_{min}^2 + d^2 - 2 R_{min} d \cos\left(\theta - \frac{\theta_{el}}{2}\right)}$$

Maka Gs didapatkan

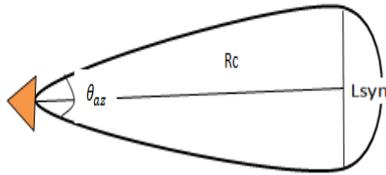
$$Gs = X_{mak} - X_{min} \quad (16)$$

Gambar 12 adalah ilustrasi dari cross slant range untuk mendapatkan perumusan panjang *synthetic aperture*, L_{syn} .



Gambar 12. Cross Slant Range

Berdasarkan Gambar 12 bisa diperoleh ilustrasi untuk L_{syn} yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Ilustrasi Panjang *Synthetic Aperture* pada R_c

Dari Gambar 13 Panjang *synthetic aperture* (L_{syn}) pada sistem GB-SAR diperoleh

$$\tan\left(\frac{\theta_{az}}{2}\right) = \frac{L_{syn}/2}{R_c}$$

$$L_{syn} = 2 R_c \tan\left(\theta_{az}/2\right) \quad (17)$$

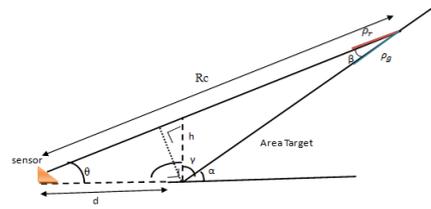
Jarak total lintasan merupakan penjumlahan jarak azimuth total ($2Y_o$) dengan panjang *synthetic aperture* pada R_c (L_{syn}). Pada Gambar 13 diperoleh $2Y_o$ yaitu

$$2L = 2Y_o + L_{syn} \quad (18)$$

Ukuran gambar (I_s) adalah luas sapuan radar yang disebabkan oleh setiap pancaran pulsa. I_s merupakan hasil perkalian dari *Ground Swath Width* dengan *Total Azimuth Distance*.

$$I_s = 2 Y_o \cdot G_s \quad (19)$$

Resolusi ground (ρ_g) merupakan kemampuan dari sistem untuk membedakan antara dua target pada ground^[10]. Pada sistem GB-SAR nilai ρ_g terhadap area target diilustrasikan pada Gambar 14.



Gambar 14. *Ground Range Resolution*

Dari Gambar 14 dengan nilai $\rho_r = \frac{c}{2B}$ diperoleh nilai resolusi groundnya adalah :

$$\rho_g = \frac{\rho_r}{\cos \beta}$$

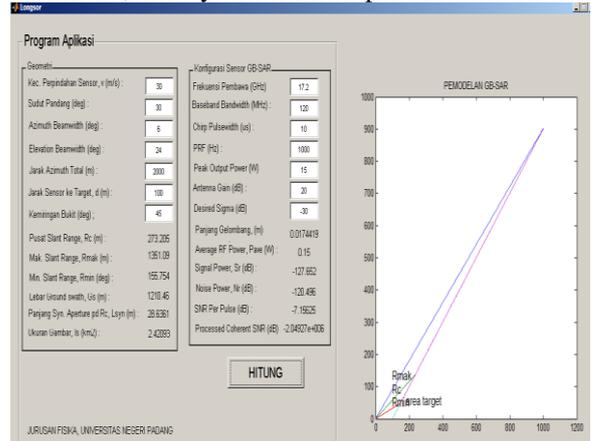
$$= \frac{\frac{c}{2B \cos \beta}}{c}$$

$$= \frac{1}{2B \cos(\alpha - \theta)} \quad (20)$$

b. Bentuk Pemodelan dari Sistem GB-SAR

Bentuk pemodelan dan program aplikasi dari parameter GB-SAR dibuat dengan *software matlab*. Bagian aplikasi dari matlab yang digunakan adalah *GUI matlab*. Pada tampilan *GUI matlab* akan tampil dua bentuk bagian yang terdiri atas bentuk program aplikasi berupa parameter geometri dan konfigurasi sensor GB-SAR, dan grafik pemodelannya.

Program aplikasi dan pemodelan ini berhubungan dengan nilai yang dimasukkan dan perumusan yang telah diturunkan dari analisis sensor SAR untuk sensor GB-SAR. Pemrograman untuk perumusan dibuat pada M-File di *software GUI Matlab*. Hasil dari pemrograman ditampilkan pada program aplikasi dan pemodelan pada *software GUI Matlab*, dengan menentukan atau memvariasikan nilai kemiringan bukit dan jarak sensor ke target. Berikut adalah beberapa pemodelan yang dihasilkan untuk beberapa variasi sudut kemiringan bukit dan variabel lainnya tetap. Variasi sudut kemiringan yang pertama adalah 45° , hasilnya bisa terlihat pada Gambar 15.

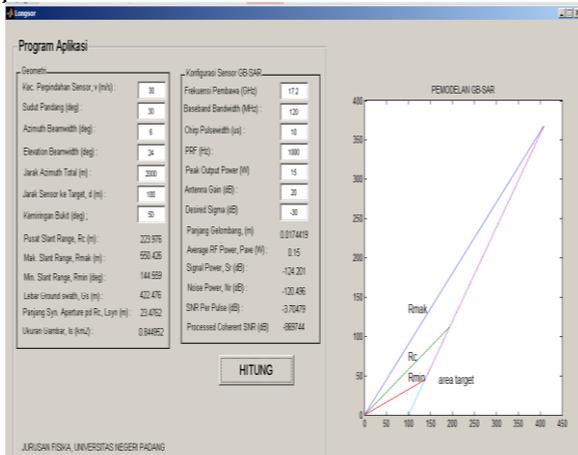


Gambar 15. Hasil dari Masukan Data 1

Gambar 15 merupakan bentuk pemodelan dari sistem GB-SAR dengan variasi sudut kemiringan bukit 45° . Pada Gambar 15 dapat dilihat bahwa terdapat tiga jarak kemiringan (*slant range*) yaitu warna biru tua untuk R_{mak} , hijau untuk R_c , dan merah untuk R_{min} . Warna biru muda merupakan kemiringan bukit yang sebagian warnanya tertutupi oleh warna merah yaitu

lebar Gs. Disisi lain, pada Gambar 15 juga terdapat program aplikasi untuk menghitung nilai dari parameter-parameter GB-SAR.

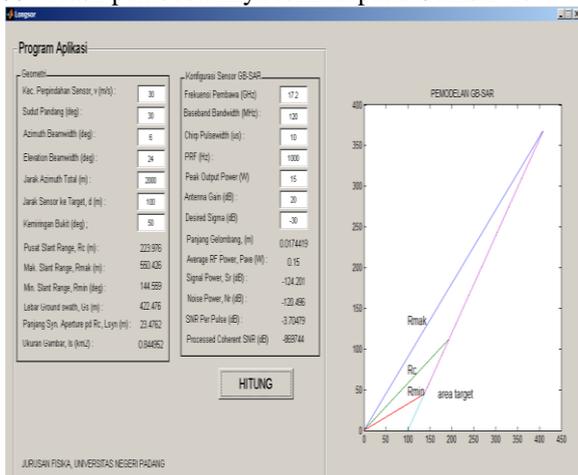
Variasi sudut kemiringan bukit yang kedua adalah 50°, dimana hasil pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil dari Masukan Data 2

Gambar 16 merupakan bentuk pemodelan dari sistem GB-SAR dengan variasi sudut kemiringan bukit 50°. Pada Gambar 16 dapat dilihat bahwa terdapat tiga jarak kemiringan (*slant range*) yaitu warna biru tua untuk Rmak, hijau untuk Rc, dan merah untuk Rmin. Warna biru muda merupakan kemiringan bukit yang sebagian warnanya tertutupi oleh warna merah yaitu lebar Gs. Disisi lain, pada Gambar 16 juga terdapat program aplikasi untuk menghitung nilai dari parameter-parameter GB-SAR.

Variasi sudut kemiringan bukit ketiga adalah 55°. Hasil pemodelannya terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Masukan Data 3

Gambar 17 merupakan bentuk pemodelan dari sistem GB-SAR dengan variasi sudut kemiringan bukit 45°. Pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa terdapat tiga jarak kemiringan (*slant range*) yaitu warna biru tua untuk Rmak, hijau untuk Rc, dan merah untuk Rmin. Warna biru muda merupakan kemiringan bukit yang sebagian warnanya tertutupi oleh warna merah yaitu lebar Gs. Disisi lain, pada Gambar 17 juga terdapat

program aplikasi untuk menghitung nilai dari parameter-parameter GB-SAR.

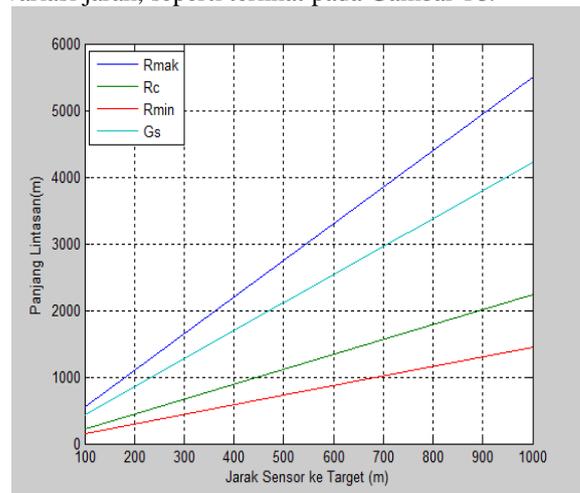
c. Hubungan Parameter Masukkan dengan Parameter Geometri GB-SAR

Berdasarkan penelitian pembuatan pemodelan sensor GB-SAR untuk aplikasi deteksi longsor diperoleh hubungan antara parameter-parameter masukkan dengan parameter geometri GB-SAR dari geometri dan konfigurasi GB-SAR. Variasi jarak dari peletakkan sensor GB-SAR terhadap lereng akan mempengaruhi parameter-parameter GB-SAR. Parameter GB-SAR tersebut yaitu kemiringan jarak (*slant range*) yang terdiri atas Rmak, Rmin, Rc dan Gs. Perhitungan dari parameter *slant range* dan Gs dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengaruh Jarak terhadap *Slant range* dan Gs

Alfa	Jarak	Rmak	Rmin	Rc	Gs
50	100	550.4256	144.558	223.976	422.476
50	500	2752.128	722.793	1119.882	2112.381
50	1000	5504.256	1445.587	2239.764	4224.762

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat diplot hasil perhitungan *slant range* dan Gs yang dihasilkan dari variasi jarak, seperti terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hubungan Jarak terhadap *Slant Range* dan Gs

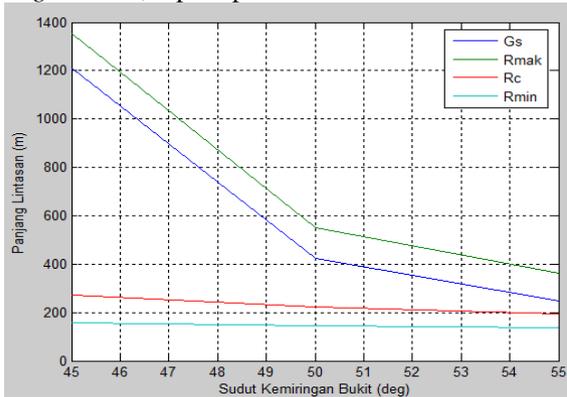
Pada Gambar 18 dapat dilihat pengaruh hubungan jarak terhadap Rmak, Rmin, Rc, dan Gs adalah berbanding lurus. Semakin besar nilai jarak yang diinputkan maka panjang lintasan untuk *slant range* dan Gs juga semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil nilai jarak yang diinputkan maka nilai panjang lintasan untuk *slant range* dan Gs semakin kecil. Hal ini dapat dibuktikan dengan garis yang menunjukkan semakin ke kanan semakin naik.

Pada penelitian ini kemiringan bukit mempengaruhi pergerakan sensor terhadap parameter *slant range* dan Gs. Kemiringan ditentukan terlebih dahulu untuk melakukan pengamatan. Berikut adalah hasil perhitungan parameter *slant range* dan Gs terhadap sudut kemiringan bukit yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Kemiringan Bukit terhadap *Slant Range* dan *Gs*

Jarak	Alfa	Rmak	Rmin	Rc	Gs
100	45	1351.092	155.754	273.205	1210.462
100	50	550.4256	144.559	223.976	422.476
100	55	364.1468	136.114	193.827	246.198

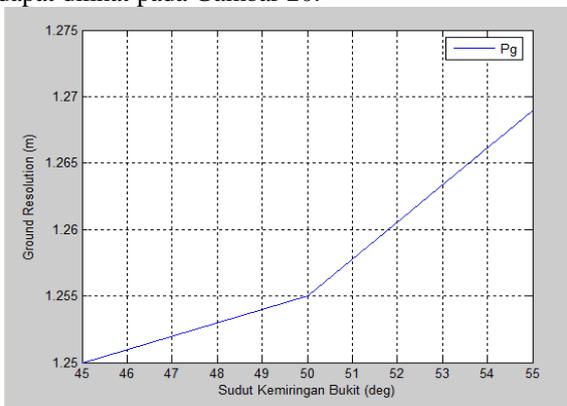
Berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 2 dapat diperoleh hubungan kemiringan bukit dengan *slant range* dan *Gs*, seperti pada Gambar 19.



Gambar 19. Hubungan Kemiringan Bukit terhadap *Slant Range* dan *Gs*

Pada Gambar 19 terlihat bahwa semakin kekanan garis semakin menurun. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin kecil sudut yang diinputkan maka nilai dari panjang *slant range* dan *Gs* semakin besar. Sebaliknya, semakin besar sudut yang diinputkan maka nilai dari panjang lintasan *slant range* dan *Gs* semakin kecil.

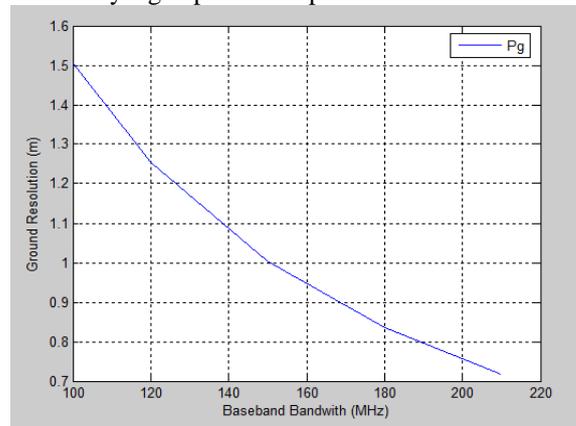
Pada resolusi *ground* (ρ_g) variabel yang akan diamati adalah hubungan parameter kemiringan bukit dan nilai *bandwidth*-nya. Pada hubungan yang pertama adalah kemiringan bukit dengan ρ_g . Jika nilai kemiringan bukit yang dimasukkan adalah 45° maka resolusi *ground*-nya 1,25, untuk sudut 50° resolusi *ground* adalah 1,255. Pada sudut 55° resolusi *ground* adalah 1,269. Berdasarkan hasil perhitungan P_g maka diperoleh hubungannya dengan kemiringan bukit dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Hubungan Sudut Kemiringan Bukit terhadap Resolusi *Ground*

Pada Gambar 20 dapat dilihat bahwa sudut kemiringan bukit berpengaruh terhadap resolusi *ground*. Pada Gambar 20 terlihat bahwa kemiringan bukit berbanding lurus dengan resolusi *ground*. Semakin besar sudut yang dimasukkan maka semakin besar pula nilai resolusi *ground* yang diperoleh. Begitupun sebaliknya, untuk sudut yang masukannya kecil maka hasil dari resolusi *ground*-nya juga kecil.

Hubungan yang kedua adalah ρ_g terhadap variasi nilai *bandwidth*. Data yang diperoleh dari perhitungan resolusi *ground* berturut-turut adalah 100, 120, 150, 180, 210 dengan hasil resolusi *ground* yang diperoleh yaitu 1,505, 1,255, 1,003, 0,836, 0,717. Berdasarkan hasil data sebelumnya maka diperoleh hubungan resolusi *ground* terhadap *bandwidth* yang dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Hubungan *Baseband Bandwidth* terhadap Resolusi *Ground*

Pada Gambar 21 yang divariasikan adalah nilai dari *bandwidth*-nya. Berdasarkan Gambar 21 tersebut diperoleh hubungan *bandwidth* terhadap hasil resolusi *ground* yaitu berbanding terbalik. Semakin besar *bandwidth* yang dimasukkan, semakin kecil nilai resolusi *ground* yang dihasilkan, begitu sebaliknya.

2. Pembahasan

Pada penelitian pemodelan yang telah dibuat diperoleh perumusan atau formula parameter parameter dari geometri dan konfigurasi sensor GB-SAR yang diturunkan berdasarkan formula yang ada pada SAR. Penurunan tersebut yaitu berupa geometri dari hasil ilustrasi atau pemodelan sistem GB-SAR terhadap target area yang telah dirancang. Berdasarkan hasil perumusan GB-SAR yang dianalisis maka terdapat beberapa perbedaan dengan sensor SAR diantaranya adalah bentuk dan nilai dari panjang lintasan sensor yang mana pada sensor SAR yang mempengaruhi panjang lintasan adalah ketinggian sensor (h) sedangkan pada sensor GB-SAR adalah kemiringan (θ) dan jarak dari sensor ke target (d).

Pada bentuk pemodelan dan program aplikasi yang dibuat menggunakan *software GUI matlab* menghasilkan kesesuaian hasil dengan perumusan yang telah diturunkan. Pada pemodelan sistem GB-SAR yang dibuat menggunakan *software GUI matlab*

juga menghasilkan kesesuaian dengan pemodelan dan analisa perumusan yang telah dibuat dengan hasil dari pemodelan dan program aplikasi. Pada proses untuk membuat pemodelan pada *software GUI Matlab* diperlukan analisa titik-titik x dan y. Hal itu bertujuan untuk mendapatkan hasil pemodelan dari *GUI matlab* yang sesuai dengan bentuk pemodelan yang telah dirancang. Berdasarkan hasil dari analisa titik-titik untuk panjang lintasan, kemiringan bukit dan lebar *ground swath* maka diperoleh bentuk pemodelan yang sesuai dengan rancangan dari pemodelan yang dibuat.

Pemodelan ini menghasilkan nilai *slant range* dan Gs dengan memvariasikan variabel jarak sensor ke target dan sudut kemiringan lereng. Hubungan yang didapatkan berdasarkan Gambar 19 dari hasil data yang dimasukkan adalah berbanding lurus antara jarak sensor ke target dengan parameter *slant range* dan Gs. Dari hasil hubungan tersebut sesuai dengan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai SAR, menyatakan bahwa semakin besar nilai ketinggian sensor maka semakin besar nilai Gs yang dihasilkan, semakin kecil nilai ketinggian sensor atau jarak sensor ke target maka nilai Gs juga semakin kecil^[5]. Disisi lain, untuk sudut kemiringan bukit adalah berbanding terbalik, hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 20. Pada hasil pemodelan resolusi ground yang divariasikan adalah nilai sudut kemiringan bukit dan nilai bandwidth. Hubungan yang didapatkan untuk variasi sudut kemiringan bukit adalah berbanding lurus, hal tersebut sesuai dengan gambar 21. Variasi nilai bandwidth pada Gambar 22 didapatkan hubungannya adalah berbanding terbalik, semakin besar nilai bandwidth yang diinputkan maka semakin kecil hasil resolusi groundnya yang mengakibatkan hasil dari resolusi ground semakin baik dan ini juga sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya^[5].

Dari pemodelan yang telah dilakukan dengan memvariasikan parameter yang terkait seperti dijelaskan sebelumnya hasilnya sesuai dengan analisa perumusan yang telah dibuat. Pemodelan dan program aplikasi ini bisa diterapkan untuk aplikasi deteksi longsor yang sesuai dengan tujuan penelitian. Akan tetapi, aplikasi ini tidak bisa mendeteksi long sor secara langsung. Untuk itu, pada penelitian selanjutnya diperlukan pengembangan sistem GB-SAR dalam bentuk instrument yang bisa digunakan langsung untuk deteksi dini terjadinya longsor.

KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan telah menjawab pertanyaan dari masalah-masalah yang telah diungkapkan sebelumnya. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Bentuk penurunan perumusan dari parameter sistem SAR untuk sistem GB-SAR untuk aplikasi longsor terlihat pada persamaan (8) sampai (20).
2. Bentuk pemodelan dari Sensor GB-SAR dibuat dalam software berbasis GUI matlab meng

hasilkan pemodelan sesuai dari rancangan pemodelan yang dibuat yang tergantung pada formula dari parameter-parameter GB-SAR.

3. Hubungan *slant range* dan Gs terhadap sudut kemiringan bukit adalah berbanding terbalik yaitu Semakin kecil sudut yang dimasukkan maka nilai dari *slant range* dan Gs semakin besar dan sebaliknya. Pada hubungan antara jarak sensor ke target terhadap *slant range* dan Gs diperoleh jika nilai jarak yang dimasukkan bernilai besar maka nilai *slant range* dan Gs juga besar begitupun sebaliknya. Disisi lain, Hubungan resolusi ground dengan kemiringan bukit adalah berbanding lurus. Hubungan antara bandwidth dengan resolusi ground juga berbanding terbalik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Iswanto., Dkk. 2009. *Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Atmega8535*. Seminar Nasional Informatika. Yogyakarta.
- [2]. Zhou, Zheng-Shu. 2003. *Application of A Ground-Based Polarimetric SAR System for Environmental Study*. Doctor of Engineering. Tohoku University.
- [3]. Faisal, M. 2011. *Development of a GB- SAR System and Perform Basic and Advance Measurement for a Fixed Target*. Master Tesis. Blekinge Institute of Technology.
- [4]. Chan, YK dan Koo, VC. 2008. *An Introducing To Synthetic Aperture Radar (SAR)*. Progress In Electromagnetics Reseach B, Vol. 2, 27-60.
- [5]. Abidin, Zainal 2013. *Analisis dan Simulasi Parameter Radar terhadap Performansi Synthetic Aperture Radar (SAR) pada Tahap Awal Pencitraan Sensor Radar*. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- [6]. Tarchi, D., Nicola. dkk. 2003. *Landslide monitoring by using ground-based SAR interferometry: an example of application to the Tessina landslide in Italy*. Engineering Geology.
- [7]. Yigit, Enes. dkk. 2013. *Short-Range Ground-Based Synthetic Aperture Radar Imaging: Performance Comparison Between Frequency-Wavenumber Migration and Back-Projection Algorithms*. Jurnal Of Applied Remote sensing. Vol. 7.
- [8]. Yohandri. 2012. *Development of Circular Polarized Microstrip Antennas for CP-SAR System Installed on Unmanned Aerial Vehicle*. Chiba University. Chiba.
- [9]. Antonello, dkk. 2004. *Groud Based SAR Interferometry for Monitoring Mass Movements*.
- [10]. Kakiay, Thomas, J. 2003. *Pengantar Sistem Simulasi*. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.