

# PEMANFAATAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SIG UNTUK PENGEMBANGAN JARINGAN PIPA AIR MINUM

Dipo Yudhatama dan Bambang Trisakti

Bidang Sumber Daya Wilayah Darat, Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN

## ABSTRAK

Pemenuhan kebutuhan air bersih masih menjadi permasalahan utama di negeri ini. Banyaknya jumlah penduduk yang belum terlayani oleh jaringan perpipaan air bersih menjadi sorotan banyak pihak akan kemampuan PDAM dalam memenuhi kebutuhan air bersih bagi masyarakat. Banyaknya kendala yang dihadapi oleh PDAM, baik teknis maupun non-teknis, menjadi alasan ketidakmampuan PDAM dalam melayani air bersih yang merupakan hajat hidup orang banyak. Dengan bantuan teknologi SIG dan penginderaan jauh satelit, permasalahan PDAM yang terkait dengan pendistribusian air bersih dapat sedikit teratasi. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan kedua teknologi tersebut mampu membantu PDAM dalam mengatasi permasalahan pendistribusian air bersih, diantaranya dalam perencanaan dan pengembangan jaringan perpipaan, penentuan lokasi

kata kunci: Data inderaja, jaringan air minum

## PENDAHULUAN

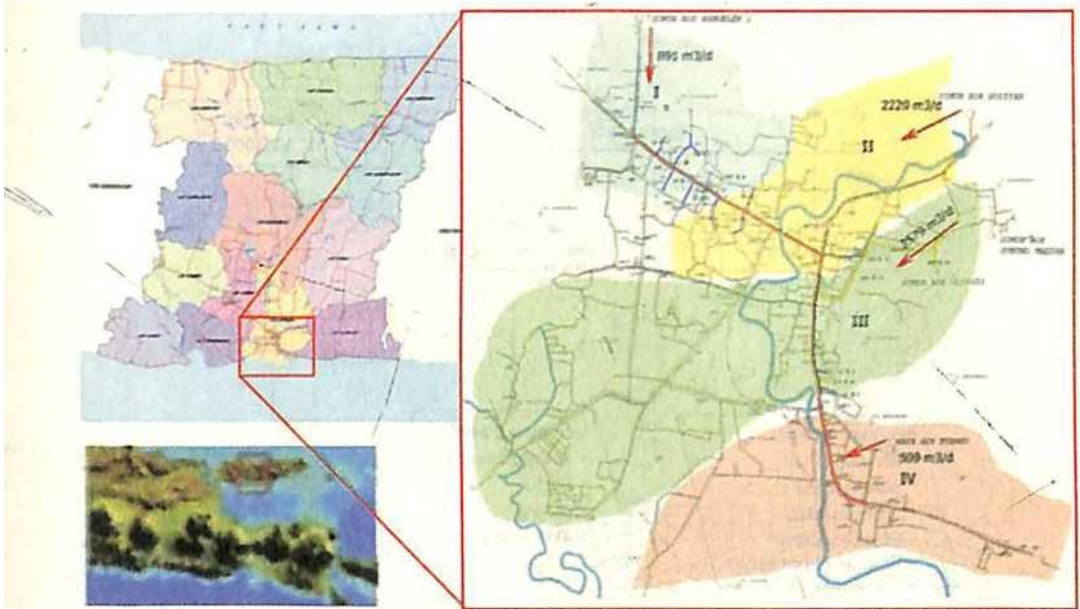
Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, kebutuhan air bersih-pun turut meningkat setiap tahunnya-Badan Pusat Statistik (BPS) memprediksikan pada tahun 2015 jumlah penduduk Indonesia akan mencapai<sup>31</sup> 247 5 juta jiwa Jumlah tersebut mengakibatkan pemenuhan kebutuhan air akan meningkat menjadi 9.39) miliar meter kubik atau naik 47 persen dari tahun 2000. Pemenuhan kebutuhan air bersih bagi penduduk dilakukan dengan sistem perpipaan dan non-perpipaan. Sistem perpipaan dioperasikan oleh entitas penyelenggara pelayanan air bersih, baik yang dikelola oleh swasta maupun pemerintah (PDAM). Saat ini di Indonesia terdapat 382 PDAM yang baru dapat melayani 47% penduduk perkotaan dan 11% penduduk pedesaan Data PERPAMSI (Persatuan Perusahaan Air Minum Seluruh Indonesia) tahun 2010 menyebutkan secara nasional baru 27% jumlah penduduk Indonesia yang terjangkau jaringan air bersih dari PDAM. Artinya mayoritas penduduk Indonesia masih memperoleh air bersih dari sistem non-perpipaan yang bersumber dan mata air, sumur, air hujan, maupun penjaja air yang kualitasnya belum terjamin.

Ada beberapa permasalahan besar yang terkait dengan pemenuhan kebutuhan air bersih di Indonesia/ diantaranya:

1. Sumber air baku yang terbatas, seperti: penurunan kualitas dan kuantitas, tidak ada lagi sumber air baku yang dapat dieksplorasi, hingga pada konflik antar wilayah dalam pemanfaatan sumber air baku;
2. Kebutuhan air bersih yang terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk;
3. Rendahnya cakupan pelayanan air bersih di Kawasan Perkotaan, akibat minimnya data dan infrastruktur; dan
4. Kinerja pengelolaan sistem air bersih yang menurun akibat tingginya kebocoran, biaya operasi dan pemeliharaan yang meningkat.

Permasalahan tersebut hingga kini masih menjadi kendala peningkatan kinerja PDAM di Indonesia dimana saat ini 69% PDAM berada dalam kondisi kurang sehat. Teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat membantu memberi solusi terhadap permasalahan penyediaan air minum. Salah satunya adalah dalam pengembangan jaringan pipa air bersih, baik pipa distribusi maupun transmisi. Beberapa kajian pemanfaatan data penginderaan jauh satelit yang berkaitan dengan jaringan perpipaan air bersih telah dilakukan di beberapa negara, seperti: perencanaan sistem blok berdasarkan jaringan jalan dan kontur wilayah sehingga mempermudah penyaluran air berdasarkan kebutuhan setiap blok secara lebih efisien (Jun et al., 2004). Sistem blok telah banyak digunakan dinegaramaju seperti Jepang dan Korea, pada sistem ini disusun berdasarkan pertimbangan orde jalan dan rata-rata elevasi setiap blok, selanjutnya diperinci berdasarkan besarnya permintaan air. Huang dan Fipps (2005) mengidentifikasi kebocoran kanal irigasi dengan memperlihatkan bahwa potensi kebocoran dapat diprediksi dengan menggunakan data sensor *airborne multispectral* (Visibel, NIR dan Termal) resolusi tinggi. Metode ini sangat memungkinkan untuk diterapkan untuk mendeteksi kebocoran pipa dalam skala regional.

Tulisan ini akan mengkaji sejauh mana teknologi penginderaan jauh satelit dan SIG berperan dalam pengembangan jaringan perpipaan air bersih. Untuk mengaplikasikannya, jaringan perpipaan PDAM Kabupaten Sampang, Jawa Timur, dipilih menjadi studi kasusnya. PDAM Sampang merupakan salah satu PDAM yang berada dalam kondisi kurang sehat. Dari empat belas kecamatan yang ada di Kabupaten Sampang, pelayanan air bersih melalui PDAM hanya terdapat di ibukota kabupaten saja. Gambar 1 menunjukkan cakupan pelayanan dari PDAM Kabupaten Sampang .



**Gambar 1. Wilayah administrasi dan Cakupan Pelayanan PDAM Kabupaten Sampang**

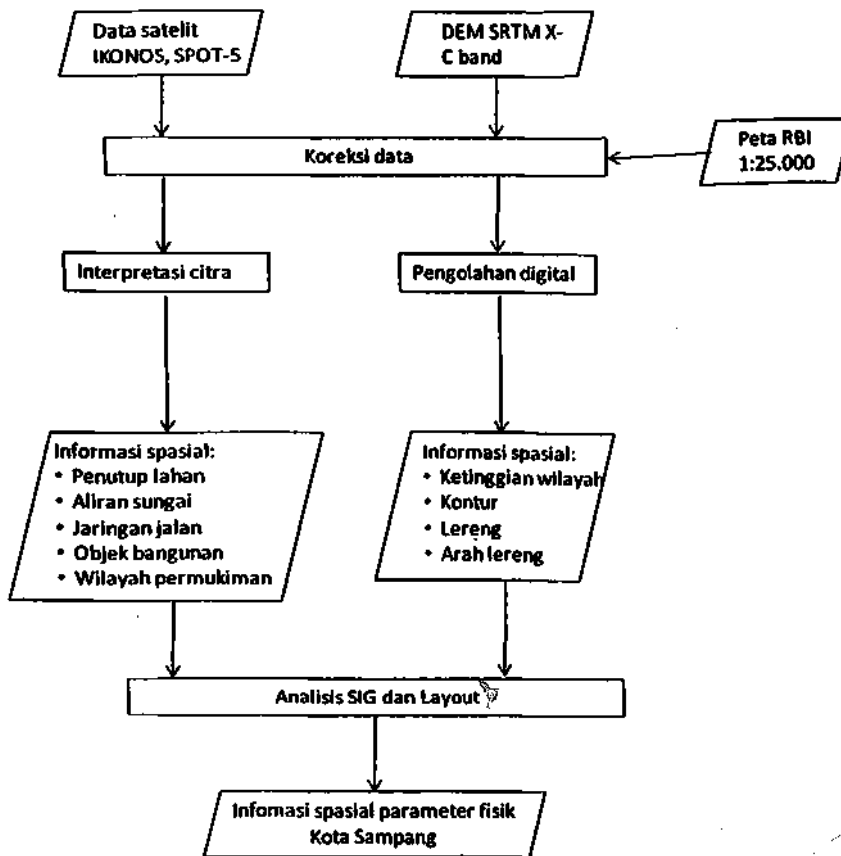
## DATA DAN METODE

Data primer yang digunakan adalah data satelit penginderaan jauh SPOT5 (tahun perekaman 2010) dan Ikonos (tahun perekaman 2009), Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 (Badan Informasi Geospasial). Informasi ketinggian wilayah didapatkan dari data SRTM X-C band yang mempunyai resolusi spasial 30 meter. Sedangkan data sekunder, yang digunakan adalah data-data yang berkaitan dengan parameter PDAM seperti;

Peta Jaringan, lokasi sumber air baku dan jumlah pelanggan yang di dapat dari PDAM Kabupaten Sampang.

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan ekstraksi informasi spasial dari data satelit penginderaan jauh. Informasi spasial dasar diturunkan dari data SPOT5 dan Ikonos dengan skala tematik

1:10.000. Seluruh data spasial ketelitian geometriknnya dikoreksi menggunakan acuan Peta Rupa Bumi skala 1:25.000 produk BIG (Badan Informasi Geospasial). Alur kegiatan pada tahap pertama ini diambarkan pada

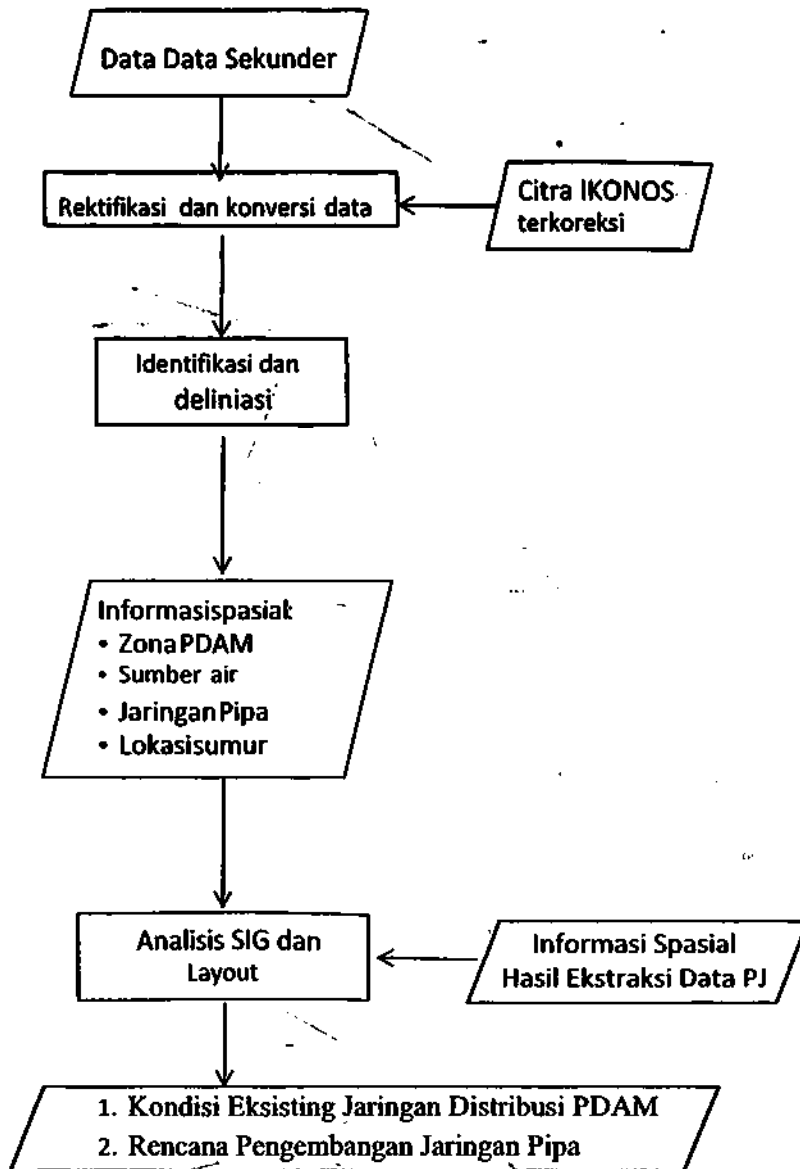


Gambar 2. Alur Kegiatan

Informasi fisik yang diturunkan dari citra satelit penginderaan jauh meliputi penutup lahan, jaringan jalan, sistem persungai, objek dan orientasi bangunan, dan zonasi wilayah permukiman. Metode yang digunakan adalah interpretasi dan digitasi visual pada skala 1:5.000. Dari empat zona wilayah PDAM Kabupaten Sampang\* fokus penelitian dilakukan pada dua zona pelayanan yang jumlah pelanggan dan pertumbuhannya paling cepat. (Statistik PDAM Kabupaten Sampang, 2012).

Data Digital Elevation Model (DEM) diproses secara digital dari data DEM SRTM X-C band untuk menghasilkan informasi spasial ketinggian wilayah, kontur, lereng, dan arah lereng. Interval kontur dibuat dengan interval 5 meter menggunakan teknik interpolasi dari data SRTM dan kontur Peta Rupa Bumi skala 1:25.000. Informasi lereng menunjukkan kemiringan dari permukaan bumi dengan kisaran nilai 0-90 derajat. Sedangkan arah lereng menunjukkan ke arah mana lereng tersebut menghadap, dengan kisaran nilai 0-360 derajat yang dimulai dari arah utara dan berputar searah jarum jam.

Langkah berikutnya yang dilakukan adalah melakukan digitalisasi dan koreksi geometrik data sekunder. Karena sebagian besar data yang terkumpul dalam bentuk *hardcopy* dan format autocad. Koreksi geometrik menggunakan data IKONOS terkoreksi tahun perekaman 2010. Setelah terkoreksi, data-data sekunder dikonversi menjadi data spasial untuk memudahkan dalam analisis di SIG sehingga menghasilkan informasi spasial parameter PDAM. Alur kegiatan pada tahap ini digambarkan pada Gambar 3.

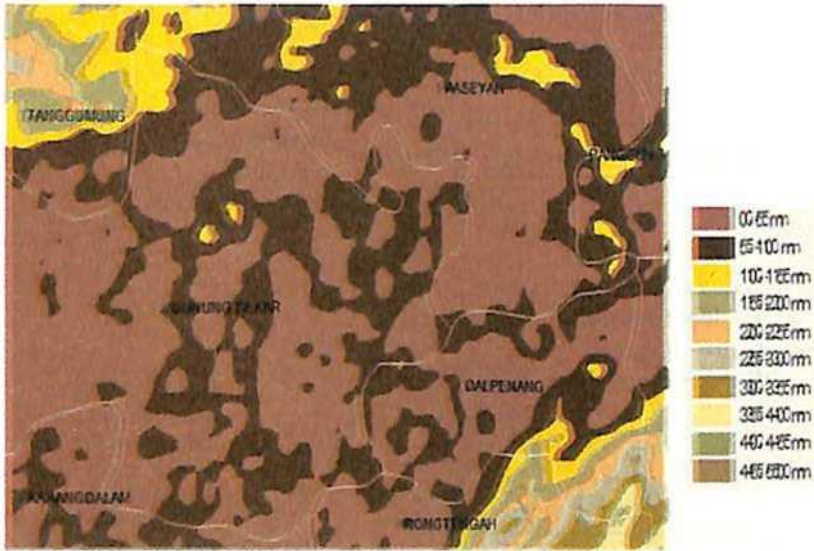


Gambar 3. Alur Kegiatan Penurunan Informasi Spasial Fisik Wilayah

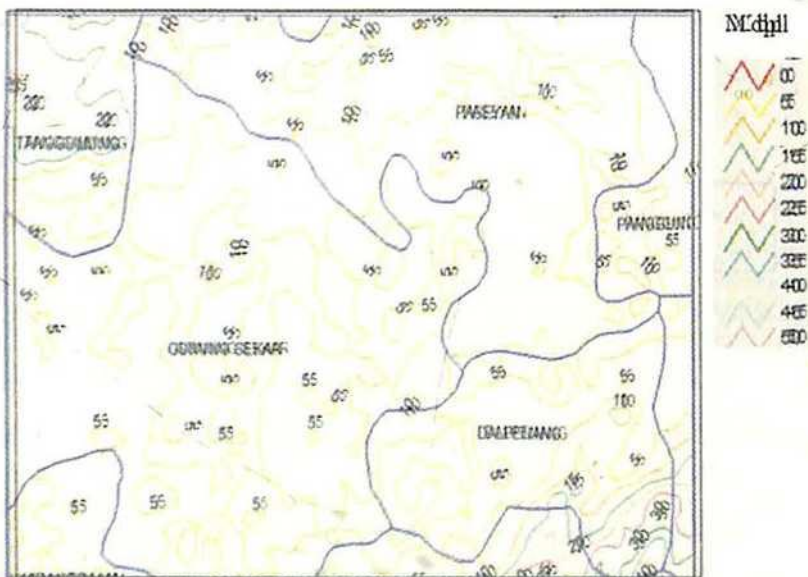
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Informasi Spasial Dasar

Berdasarkan analisis data DEM-SRTM, lokasi studi mempunyai ketinggian antara 0-50 dengan topografi landai. Wilayah permukiman yang merupakan basis pelanggan PDAM berada pada ketinggian 0-10 m, hanya tiga desa yang letaknya berada pada ketinggian diatas 10 meter. Gambar 4 dan Gambar 5 memperlihatkan informasi ketinggian di wilayah studi hasil dari analisis DEM-SRTM.



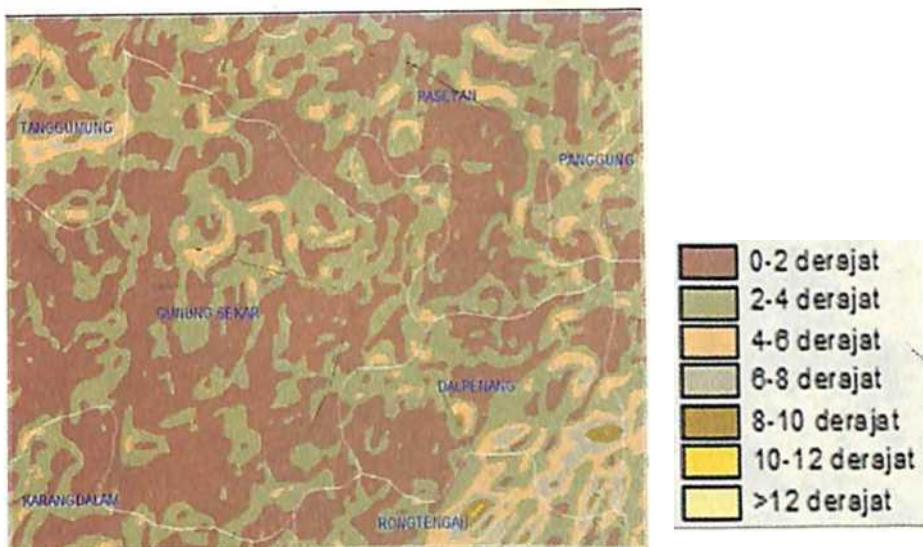
**Gambar 4. Informasi Ketinggian Hasil Analisis DEM-SRTM di Wilayah Studi**



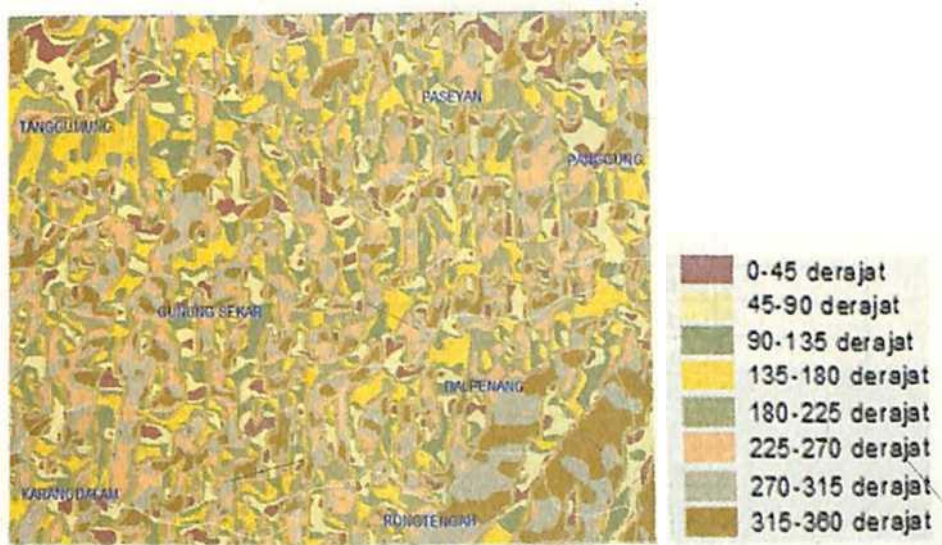
**Gambar 5. Informasi Kontur Hasil Analisis DEM-SRTM di Wilayah Studi**

Kemiringan lahan di wilayah studi adalah 0 - 12 derajat dengan arah kemiringan lahan bervariasi, karena sangat bermanfaat dalam perencanaan pembangunan jaringan pipa untuk menentukan metoda yang paling tepat digunakan dalam pengaliran bersih. Kemiringan dan arah kemiringan di wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



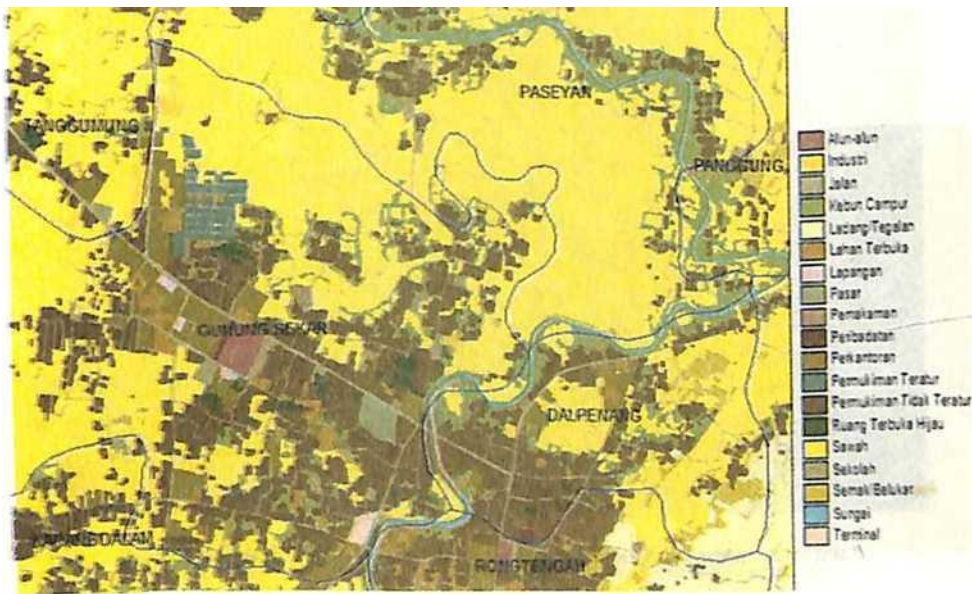


**Gambar 6. Informasi Kemiringan Hasil Analisis DEM-SRTM di Wilayah Studi**



**Gambar 7. Informasi Arah Lereng Hasil Analisis DEM-SRTM di Wilayah Studi**

Informasi penutup lahan dan infrastruktur wilayah di dapatkan dari hasil intepretasi dan digitasi visual satelit penginderaan jauh Ikonos dan SPOT5 dengan ketelitian tematik 1:5.000. Penutup lahan di wilayah studi dibuat menjadi 19 kelas dengan fokus kedetilan berada pada kelas-kelas budidaya. Sebaran dandistribusi penutup lahan di wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 8 dan Tabel 1.



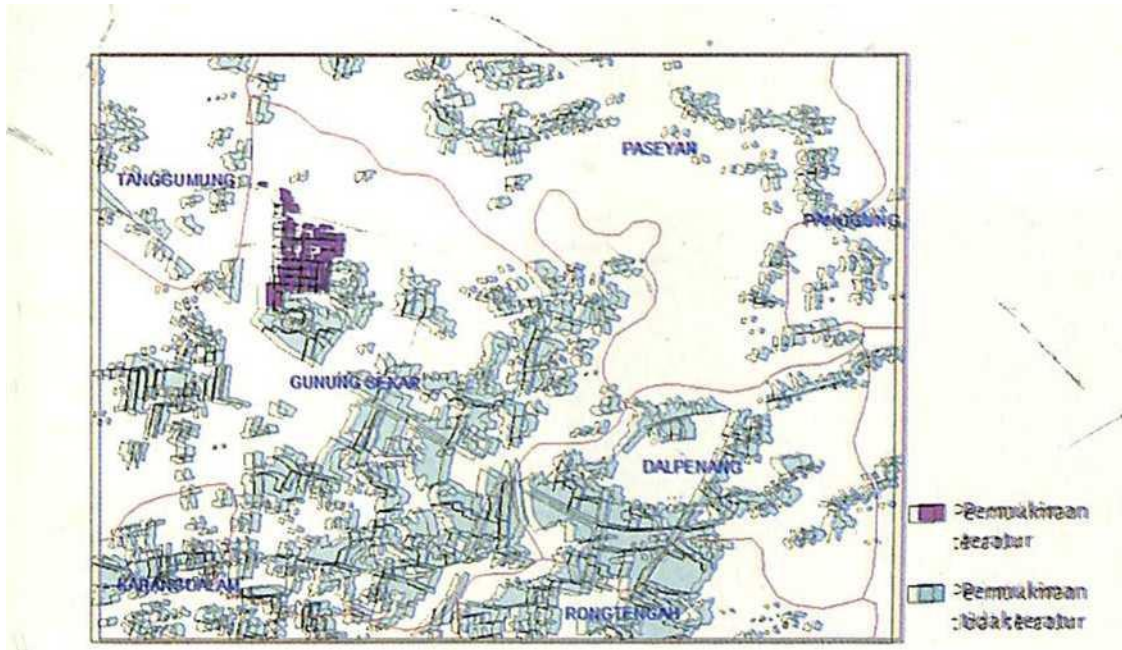
**Gambar 8. Informasi Penutup Lahan di Wilayah Studi**

**Tabel 1. Luasan Penutup Lahan di Wilayah Studi**

No	Penutup Lahan	LUAS (Ha)
1	Alun-alun	3.22
2	Industri	2.73
3	Jalan	27.69
4	Kebun Campur	72.67
5	Ladang/Tegalan	21.04
6	Lahan Terbuka	15.16
7	Lapangan	0.66
8	Pasar	2.73
9	Pemakaman	1.50
10	Peribadatan	1.72
11	Perkantoran	29.25
12	Permukiman Teratur	5.72
13	Permukiman Tidak Teratur	169.48
14	Ruang Terbuka Hijau	4.87
15	Sawah	377.29
16	Sekolah	3.94
17	Semak/Belukar	18.12
18	Sungai	5.43
19	Terminal	0.74

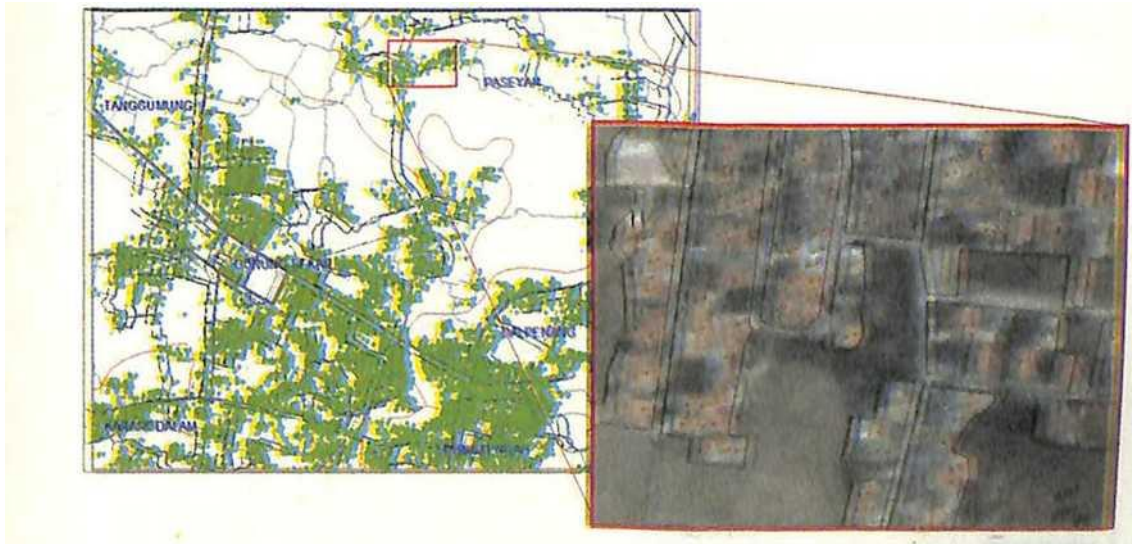


Penutup lahan di wilayah studi di dominasi oleh lahan pertanian basah (sawah) dan permukiman tidak teratur. Gambar 9 memperlihatkan sebaran kawasan permukiman berdasarkan kategori teratur dan tidak teratur di wilayah studi.



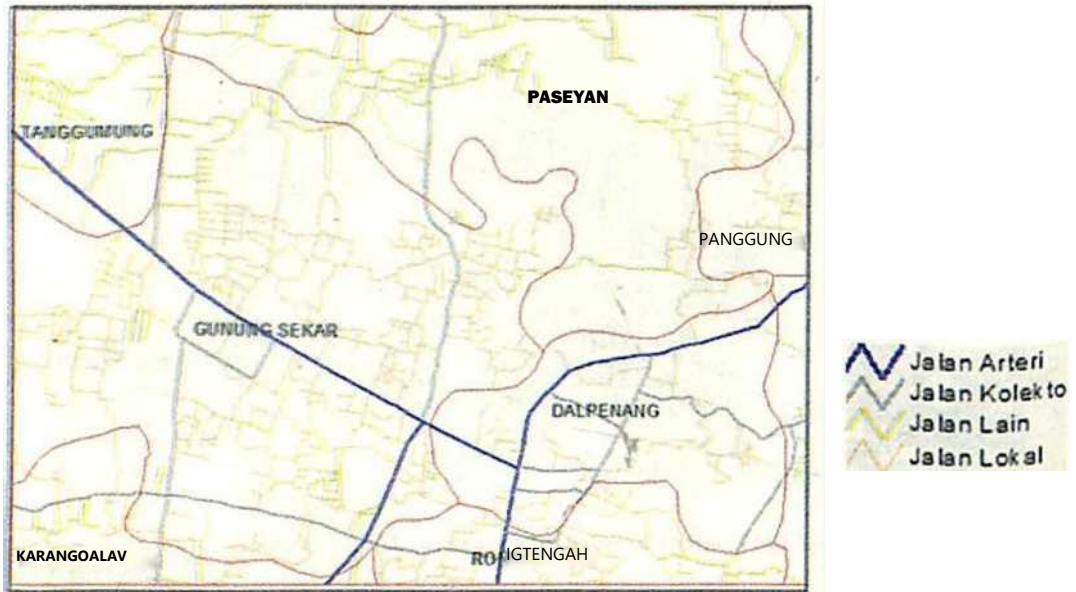
Gambar 9. Informasi Wilayah Permukiman di Wilayah Studi

Untuk memudahkan mengidentifikasi berapa jumlah sambungan rumah yang seharusnya terlayani, maka setiap objek bangunan di wilayah studi diberikan atribut dengan memberikan titik identifikasi (Gambar 10).

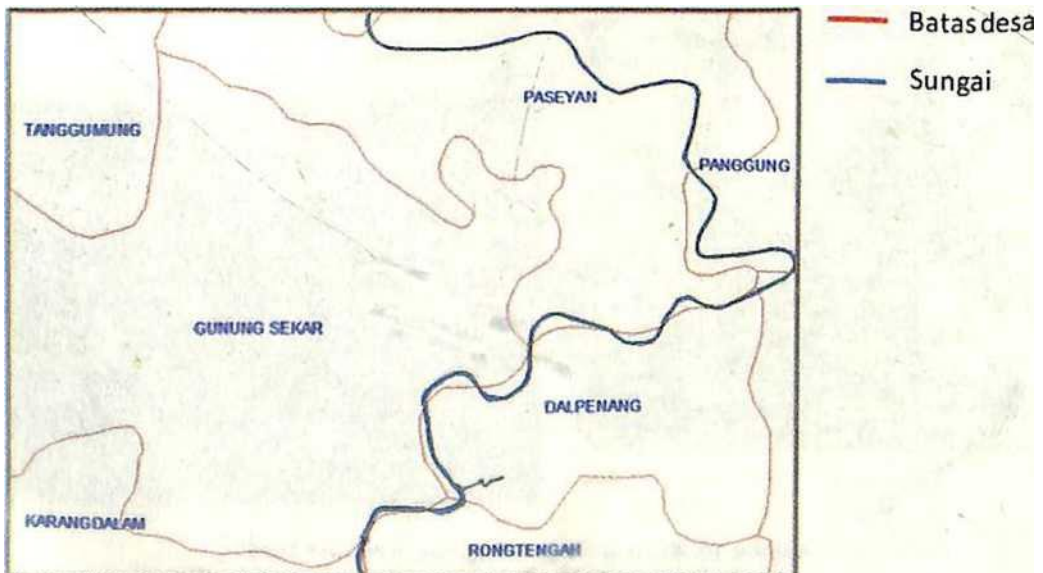


Gambar 10. Informasi Objek Bangunan di Wilayah Studi

Informasi spasial lainnya yang juga diturunkan dari data satelit penginderaan jauh adalah informasi mengenai jaringan jalan dan system persungaian. Informasi jaringan jalan dibutuhkan untuk menentukan jalur pipa transmisi dan distribusi karena pipa diletakan pada sisi-sisi jalan untuk memudahkan pemasangan dan kontrol pemeliharaan. Sedangkan informasi system persungaian diperlukan untuk mengkalkulasi kebutuhan jembatan penghubung pipa dan pompa tekan serta untuk menginventarisir sumber air permukaan. Gambar 11 dan 12 berikut menampilkan informasi jaringan jalan dan system persungaian hasil dari interpretasi citra satelit Ikonos.



Gambar 11. Informasi Jaringan Jalan di Wilayah Studi



Gambar 12. Informasi Sistem Persungaian di Wilayah Studi

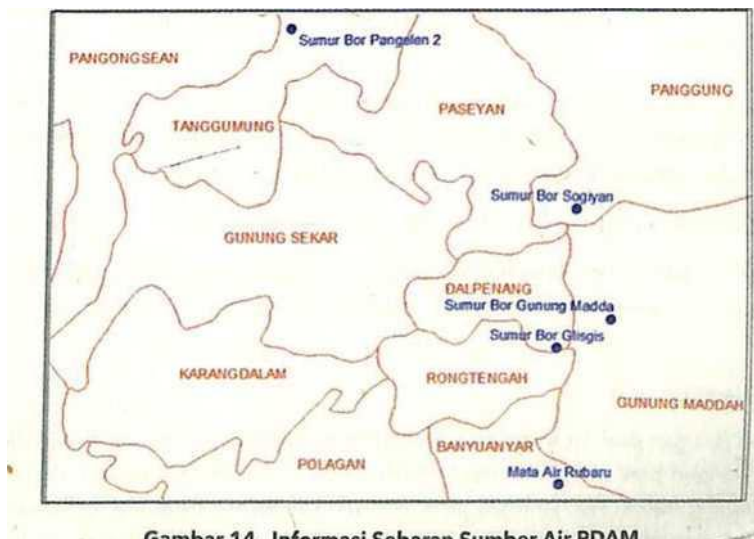
## Informasi Parameter PDAM

Informasi spasial parameter PDAM dibuat dengan mengumpulkan data dari dinas PDAM dan Bappeda Kabupaten Sampang. Data tersebut kemudian diubah menjadi data vektor dengan format SIG(shapefile). Informasi jaringan eksisting pipa yang di dapat dari PDAM Kabupaten Sampang masih belum detail, dimana tidak memuat informasi mengenai jenis pipa (pipa transmisi dan distribusi), diameter pipa dan usia pipa. Dari Peta Jaringan PDAM Kabupaten Sampang terlihat jaringan pipa dipasang sejajar dengan jaringan jalan. (Gambar .13).



**Gambar 13. Informasi Jaringan Eksisting Pipa PDAM**

Sumber air minum PDAM Kabupaten Sampang bersumber dari sumur bor dan mata air. Terdapat empat sumur bor dan satu mata air yang saat ini dimanfaatkan, yaitu sumur bor Pangelen, Sogiyon, Gajah Mada, Glisgis dan mata air Subaru. Sebaran lokasi sumur bor dan mata air untuk PDAM di Kota Sampang diperlihatkan pada Gambar 14.



**Gambar 14. Informasi Sebaran Sumber Air PDAM**



### 3-3. Evaluasi Kondisi Eksisting Perpipaan PDAM

Analisis terhadap kondisi eksisting dilakukan setelah basis data PDAM selesai dibuat, walau beberapa data dari PDAM belum diperoleh seperti; jenis pipa (pipa transmisi dan distribusi), lokasi konsumen, diameter dan usia pipa, lokasi kebocoran dan lokasi valve pipa. Namun hasil analisa dapat memberikan gambaran awal posisi dan lokasi sumur bor dan jaringan pipa air terhadap parameter fisik wilayah. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh setiap parameter terhadap jaringan pipa air ~ minum. Hasil analisis diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Terhadap Kondisi Eksisting Jaringan Pipa PDAM

No.		Lokasi sumur bor dan mata air	jaringan pipa PDAM
1.	Ketinggian dan kontur	Sumur bor dan mata air terletak pada daerah tinggi berkisar 30-40 m, kecuali sumur bor Pangelen dan Soavian yang terletak di daerah rendah berkisar	Sumber air terletak pada daerah tinggi sedangkan distribusi jalur pipa terletak pada wilayah rendah pada daerah dengan ketinggian 0 - 10 m
2.	Kelerengan dan arah lereng	Sumur bor dan mata air terletak pada daerah kemiringan 6-10 derajat, kecuali sumur bor Soavian	Distribusi jaringan pipa terletak pada daerah rendah dan relatif datar (kisaran 04 derajat)
3.	Jaringan jalan	* A	Pada umumnya distribusi jaringan pipa mengikuti pola jaringan jalan Arteri dan kolektor, tapi belum
4.	Penutup lahan	Lokasi sumur bor dan mata air terletak pada area ladang, sawah dan kebun campur	Jaringan pipa sudah menjangkau kawasan komersil (perkantoran dan industri dan pasar), tetapi belum
5.	Sumber air (sungai)	Lokasi sumur bor dan mata air agak jauh dari sungai, sungai bernotensi dijadikan sumber air PDAM	-
6.	Wilayah permukiman dan objek bangunan		Jaringan pipa air minum belum menjangkau wilayah - permukiman di bagian atas wilayah kajian (perumahan baru berkembang) dan juga belum

#### Pemanfaatan Basis Data Untuk Pengembangan Jaringan Pipa PDAM

Pembuatan data base sistem jaringan pipa air minum suatu wilayah sangat penting, karena data-data tersebut dapat overlay, digabungkan dan dianalisis dengan berbagai model (model pembobotan, SIG dll) untuk keperluan perencanaan, pengelolaan (pemantauan dan pemeliharaan) dan pengembangan sistem jaringan pipa air minum di wilayah tersebut.

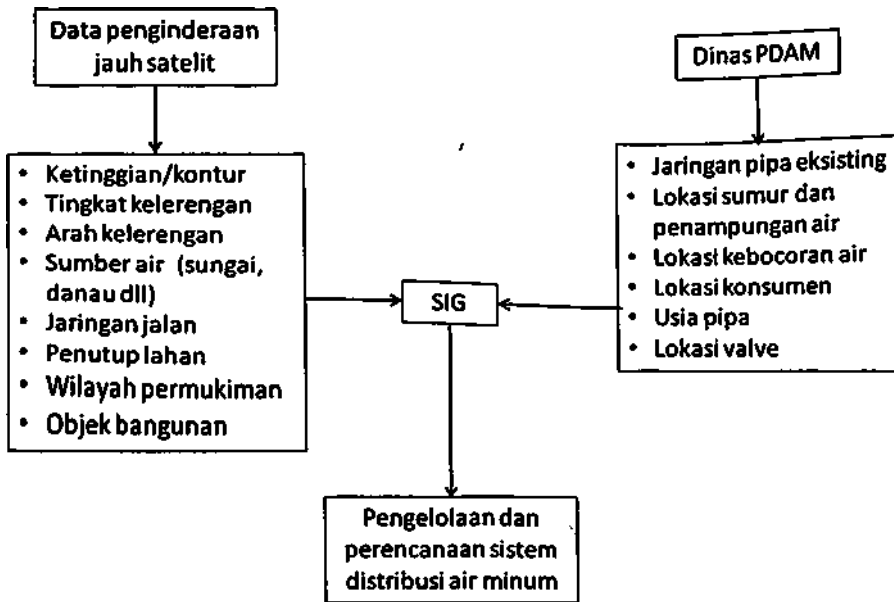
Berdasarkan hasil kajian literature baik yang telah bersifat operasional maupun yang bersifat riset, maka informasi-informasi yang berkaitan erat dengan jaringan pipa air minum yang akan sangat bermanfaat untuk kegiatan pengelolaan dan pengembangan sistem jaringan pipa air minum adalah:

- Informasi spasial sumber air (danau, waduk, sungai, sumur, mata air dll)
- Informasi spasial sumber air bermanfaat untuk pembuatan jaringan pipa paling optimal (jarak terpendek) yang menghubungkan antara sumber air ke unit-unit lainnya seperti: penampungan air atau lokasi pelanggan.
- Informasi spasial jaringan jalan
- Informasi spasial jaringan jalan bermanfaat untuk pembuatan sistem blok pelanggan dan pemetaan jalur pipa sehingga jaringan pipa air minum dapat lebih mudah dikelola dan efisien. Pada beberapa negara maju seperti: Jepang dan Korea, jaringan pipa air dilakukan dalam sistem blok. Sistem pembagian blok disusun dengan memperhatikan jaringan dan orde jalan, serta jumlah kebutuhan dari pelanggan.

- \* Informasi spasial wilayah permukiman dan objek bangunan
- \* Informasi spasial wilayah permukiman dan objek bangunan bermanfaat untuk mengetahui lokasi potensi konsumen baru sehingga dapat dilakukan pembuatan model pengembangan jaringan pipa air minum informasi usia pipa air (waktu pembangunan)
- \* Informasi ini sangat bermanfaat karena setiap pipa mempunyai batas usia pemakaian, sehingga dapat diketahui lokasi pipa yang memerlukan penggantian untuk menghindari terjadinya kerusakan pipa dan kebocoran air-
- \* Informasi spasial penutup lahan
- \* Informasi spasial penutup lahan sangat bermanfaat dalam perencanaan pengembangan jaringan pipa air minum untuk wilayah-wilayah permukiman yang makin berkembang, bahkan dapat menjadi indikator lokasi pipa yang berpotensi mengalami kerusakan akibat pengaruh penutup lahan disekitarnya, sebagai contoh kendaraan berat yang melewati daerah industri berpotensi mengakibatkan rusaknya pipa sehingga mengakibatkan terjadinya kebocoran air.
- \* Informasi spasial ketinggian, kontur, kelerengan dan arah kelerengan
- \* Informasi spasial ketinggian, kontur, kelerengan dan arah kelerengan akan sangat penting untuk perencanaan lokasi dan arah jaringan pipa, dimana bila lokasi sumber air lebih tinggi daripada lokasi Pelanggan maka pengaruh perbedaan ketinggian (gravitasi) dapat digunakan untuk penyaluran air minum ke konsumen, sehingga mengurangi besarnya biaya yang digunakan dibandingkan dengan sistem jaringan pipa air dengan cara pemompaan air. Selain itu dapat dijadikan sebagai alat evaluasi kondisi jaringan pipa yang terpasang saat ini.
- \* Lokasi-lokasi yang pernah mengalami kebocoran air  
 Informasi ini dapat diperoleh dari PDAM setempat. Data historis dan eksisting lokasi kebocoran sangat bermanfaat untuk mengetahui distribusi kebocoran yang terjadi. Sehingga dapat dilakukan indentifikasi penyebab kebocoran dan cara menanggulangnya.

Konsep pemanfaatan basis data untuk mendukung sistem jaringan pipa air minum diperlihatkan pada Gambar 15.





Gambar 15 Pemanfaatan Basis Data Dalam Mendul

PDAM

## KESIMPULAN

Informasi spasial yang diekstraksi dari data penginderaan jauh satelit dapat digunakan sebagai basis data, dalam mendukung pengelolaan dan pengembangan jaringan pipa PDAM. Informasi dasar dari data satelit mampu memberikan informasi spasial terkini secara cepat sehingga sangat membantu untuk mengevaluasi kondisi eksisting sistem pipa air minum dan memprediksi prediksi pertumbuhan jumlah pelanggan. Informasi ini berguna sebagai masukan dalam mengambil kebijakan arah pengembangan jaringan pipa PDAM di masa mendatang. Penggunaan teknologi SIG memudahkan proses analisis spasial, namun kelengkapan data sekunder sebagai pendukung analisis sangat menentukan tingkat keakuratan dan ketelitian dari informasi yang dihasilkan.

Analisis singkat pada lokasi studi didapat bahwa jaringan pipa air minum belum menjangkau wilayah-wilayah perkembangan baru yang teridentifikasi pada citra satelit. Hasil analisis 3D terhadap data DEM SRTM menunjukkan metode pengaliran secara gravitasi masih dapat terus digunakan untuk mendistribusikan air ke pelanggan. Pada beberapa lokasi permukiman baru yang letaknya jauh dari sumber air, sudut kemiringan kecil, diperlukan pembangunan unit pompa tekan untuk menambah tekanan air pada pipa distribusi.

## DAFTAR PUSTAKA

Danoedoro, P., 2004, *Sate//t Mata-mata untuk Lingkungan*, Kompas online : [http://www.kompas.com/kornpas\\_cetak/0305/13/inspirasi/307922.htm](http://www.kompas.com/kornpas_cetak/0305/13/inspirasi/307922.htm) [ 20-11-2004]

Gesch, D., 2005, *Vertical Accuracy of SRTM Data of the Accuracy of SRTM Data of the United States: Implications for Topographic Change Detection*, SRTM Data Validation and Applications Workshop

Huang, Y. And G. Fipps, 2005, *Airborne Multispectral Remote Sensing Imaging for Detecting Irrigation Canal Leaks in The Lower Rio Grande Valley*, 20th Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography and

***High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment, October 4-6, 2005, Weslaco, Texas.***

Janssen, L.F.L and C.G. Huurneman, 2001, *Principles of Remote Sensing*. ITC Educational Textbooks Series, ITC, Enschede, Netherlands.

Juq, C., J.Koo, and J.Koh, 2004, *Developing a Water Pipe Management System in Seoul Using the GIS*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS, 35 (2), 290-293.

PERPAMSI, 2010, *Ringkasan Eksekutif Peta Permasalahan PDAM di Indonesia*, Perpamsi, Jakarta