

# EVALUASI KEJADIAN BANJIR KAMPUNG PULO DKI JAKARTA DAN ANALISIS PENGURANGAN RESIKONYA BERBASIS DATA *UNMANNED AIR VEHICLE* (UAV) DAN PENGINDERAAN JAUH RESOLUSI TINGGI

M. Rokhis Khomarudin<sup>\*)</sup>, Suwarsono<sup>\*)</sup>, Dini Oktavia Ambarwati<sup>\*)</sup>, Gunawan Prabowo<sup>\*\*)</sup>

<sup>\*)</sup>Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN

<sup>\*\*)</sup>Pusat Teknologi Penerbangan, LAPAN

e-mail: [Rokhis.Khomarudin@lapan.go.id](mailto:Rokhis.Khomarudin@lapan.go.id)

## Abstract

The flood disaster that occurred in Kampung Pulo in 2013 happen again in 2014 which led to some residents in the area to evacuate for a few weeks to leave their homes. Some reports noted that this flood event is not only in the above year, but also often occurs several years earlier. The purpose of this study was to evaluate the incidence of flooding that occurred in Kampung Pulo in terms of topography, river conditions, building characteristics, and socio-economic communities in the region . The results of this study can be used for disaster risk reduction in the region of Kampung Pulo. High-resolution remote sensing data such as QuickBird, SPOT 6 Tristereoo and the aerial photograph from Unmanned Aerial Vehicles (UAV) by LAPAN team on January 18, 2013 used in this study. SPOT-6 Tri stereo data was used to detect elevation and flood hazard areas. QuickBird data was used to analyze the conditions and characteristics of the building so as to know the level of vulnerability of buildings to flood and also analyzes the socio-economic conditions of communities in the study area. Aerial photograph from UAV at the time of the flood event used to validate the flood hazard area. To validate the level of socio-economic vulnerability of the building and is still done with a literature review. Flood hazard area overlay with the condition of the building and also the vulnerability of socio-economic communities have done. Results overlay will describe the risk level of the building and also the people in the Kampung Pulo. These results can be used to develop recommendations and strategies for flood mitigation in Jakarta Kampung Pulo. One of the recommendations made is the choice of location for vertical evacuation in the affected areas.

**Key Words :** *Flood , high -resolution remote sensing, building vulnerability, socio-economic, risk of flooding*

## Abstrak

Bencana banjir yang terjadi di Kampung Pulo pada tahun 2013 terulang kembali pada tahun 2014 yang menyebabkan beberapa warga di wilayah tersebut mengungsi selama beberapa minggu meninggalkan tempat tinggalnya. Beberapa catatan mengatakan bahwa kejadian banjir ini tidak hanya pada tahun yang tersebut di atas, namun juga sering terjadi beberapa tahun sebelumnya. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi kejadian banjir yang terjadi di Kampung Pulo dari sisi topografi, kondisi sungai, karakteristik bangunan, dan sosial ekonomi masyarakat di wilayah tersebut. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk pengurangan resiko bencana di wilayah kampung pulo. Data penginderaan jauh resolusi tinggi seperti Quickbird, SPOT 6 Tristereoo dan hasil potret pesawat tanpa awak oleh tim LAPAN pada tanggal 18 Januari 2013 digunakan dalam penelitian ini. Data SPOT 6 Tri stereo digunakan untuk mendeteksi ketinggian tempat dan daerah bahaya banjir. Data quickbird digunakan untuk menganalisa kondisi dan karakteristik bangunan sehingga dapat diketahui tingkat kerentanan bangunan terhadap banjir dan juga analisa kondisi sosial ekonomi dari masyarakat di wilayah studi area. Hasil pemotretan dari pesawat tanpa awak pada saat kejadian banjir dipergunakan untuk melakukan validasi daerah bahaya banjir. Untuk validasi tingkat kerentanan bangunan dan sosial ekonomi masih dilakukan dengan kajian literatur. Overlay daerah bahaya banjir dengan kondisi kerentanan bangunan dan juga sosial ekonomi masyarakat telah dilakukan. Hasil overlay akan menggambarkan tingkat resiko dari bangunan dan juga penduduk di wilayah kampung pulo. Hasil ini dapat digunakan untuk menyusun rekomendasi dan strategi penanganan banjir di Kampung Pulo Jakarta. Salah satu rekomendasi yang dihasilkan adalah pemilihan lokasi untuk evakuasi vertikal di daerah bencana.

**Kata Kunci:** *Banjir, penginderaan jauh resolusi tinggi, kerentanan bangunan, sosial ekonomi, resiko banjir*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Banjir di wilayah Kampung Pulo DKI Jakarta pada tahun 2013 terjadi kembali pada tahun 2014 membuat ribuan warga di wilayah tersebut mengungsi. Secara alamiah, kampung pulo merupakan suatu wilayah dataran banjir sungai Ciliwung yang ditempati oleh penduduk yang sangat padat. Oleh karena itu, banjir akan terus melanda wilayah kampung pulo jika musim hujan dan sungai Ciliwung tidak mampu menampung debit airnya. Salah satu upaya yang sering didengungkan untuk mengurangi resiko banjir di

wilayah ini adalah dengan mengosongkan warga di bantaran sungai. Namun, dengan kondisi saat ini, dengan banyaknya penduduk yang tinggal di wilayah tersebut, mungkinkah melokasi atau mengusir begitu banyaknya warga yang sudah bermukim secara bertahun-tahun?

Untuk mengurangi suatu resiko bencana, upaya yang harus dilakukan adalah mengurangi tingkat bahaya, mengurangi tingkat kerentanan, dan meningkatkan kapasitas masyarakat untuk dalam mengatasi banjir. Untuk mengurangi tingkat bahaya agak sulit diupayakan, karena hal ini merupakan suatu yang sudah begitu adanya. Dalam upaya mengurangi kerentanan, salah satu upaya adalah mengurangi *exposure* di daerah bahaya, yang artinya merelokasi penduduk di daerah tersebut. Upaya ini nampaknya akan susah karena faktor sosial ekonomi masyarakat dan juga memerlukan biaya yang sangat besar. Salah satu upaya yang mungkin dilakukan adalah meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengatasi banjir. Masyarakat dibuat akrab dengan banjir, sehingga mereka selalu siap dan waspada saat akan terjadi banjir. Komunitas-komunitas siaga banjir perlu dibuat di wilayah tersebut, sehingga jika banjir melanda, maka masyarakat sudah siap dan tidak lagi beresiko.

Jika dilihat dari masalah banjir di DKI Jakarta, terdapat tiga masalah yang dapat menjadi penyebab banjir. Pertama adalah karena debit sungai dari daerah hulu mengalir ke DKI Jakarta. Kedua adalah curah hujan lokal yang melanda DKI Jakarta dalam beberapa hari dan tanah sudah tidak mampu lagi menyerap air hujan. Ketiga adalah banjir rob dari laut yang biasanya melanda di Jakarta bagian utara. Banjir kampung pulo dapat disebabkan oleh masalah yang pertama dan kedua. Hal ini akan mempengaruhi bagaimana untuk peringatan dini kejadian banjir wilayah tersebut. Cara pertama yang dapat dilakukan adalah jika curah hujan terjadi di Bogor tidak berhenti selama 2 hari berturut-turut, maka peringatan banjir ke masyarakat harus segera dilakukan sehingga masyarakat dapat segera bersiap. Kedua, jika terjadi curah hujan lokal dengan intensitas tinggi selama 2 hari berturut-turut, maka peringatan banjir juga harus dilakukan agar masyarakat di wilayah tersebut segera bersiap.

Salah satu riset tentang kondisi kerentanan masyarakat terhadap banjir di Kampung Melayu telah dilakukan oleh Marschiavelli (2008) yang mengatakan bahwa penduduk miskin lebih rentan terhadap banjir karena mereka tidak mampu memperbaiki kerusakan akibat banjir di wilayah tersebut. Studi ini juga mengingatkan bahwa pemerintah harus lebih peduli terhadap tingkat sosial ekonomi masyarakat dalam pengurangan resiko banjir. Pendekatan peningkatan kapasitas untuk mengatasi banjir di wilayah ini direkomendasikan dalam riset tersebut. Hal yang senada dengan penelitian tersebut, peningkatan kapasitas masyarakat perlu ditingkatkan (Akmalah, *et. al.*, 2007). Demikian juga oleh Juarni, *et. al.* (2013) yang menyarankan untuk meninggikan rumah di wilayah banjir. Upaya lain dalam mengurangi resiko banjir di DKI Jakarta adalah peningkatan sistem peringatan dini (Rahayu and Nasu, 2009), pemodelan banjir untuk menentukan daerah rawan banjir (Doan, *et al.*, 2012), dan pengurangan kemiskinan (Texier, 2008). Salah satu penelitian yang komprehensif pengurangan resiko banjir dengan menggunakan peta bahaya banjir dan sosial ekonomi telah dilakukan oleh Iglesias (2012) and juga oleh Texier (2008).

Beberapa upaya dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh baik untuk penentuan bahaya banjir maupun model simulasi banjir juga sudah banyak dilakukan. Asriningrum (2002) telah mencoba

mempergunakan data Landsat dalam menguji kemampuannya untuk identifikasi bentuklahan, termasuk di dalamnya bentuklahan asal fluvial. Namun pendekatan data penginderaan jauh resolusi tinggi untuk sosial ekonomi dan estimasi jumlah penduduk masih jarang dilakukan. Beberapa studi tentang ini memang sudah dilakukan untuk tsunami seperti dilakukan oleh Strunz, *et. al.* (2010), Wegscheider, *et. al.* (2010), and Taubenbock, *et al.* (2010). Pemanfaatan data penginderaan jauh secara komprehensif penanggulangan banjir masih perlu banyak dilakukan. Penelitian ini merupakan salah satu contoh pemanfaatan penginderaan jauh secara komprehensif untuk mengevaluasi kejadian banjir dan juga analisa pengurangan resiko banjir di DKI Jakarta.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini akan mengevaluasi kejadian banjir yang terjadi di Kampung Pulo pada tahun 2013 dan juga pada tahun 2014. Analisis kejadian dan permasalahan banjir yang terjadi wilayah tersebut dikaji dalam penelitiannya ini dan juga rekomendasi pengurangan resiko banjir di Kampung Pulo disajikan dalam hasil akhir kegiatan penelitian ini. Pemanfaatan data penginderaan jauh satelit dan *Unmanned Air Vehicle* (UAV) digunakan untuk mendeteksi genangan yang terjadi, mengilustrasikan kondisi banjir, mengestimasi jumlah penduduk yang mengalami genangan, dan menganalisa daerah yang potensial untuk evakuasi vertikal.

## 2. Metodologi

### 2.1. Data yang digunakan

Penelitian ini menggunakan data citra UAV yang di akuisi pada tanggal 18 Januari 2013, data citra Quickbird tahun 2010, dan data SPOT-6 Tristereo tahun 2013.

Penelitian mengambil lokasi wilayah rawan banjir di Kampung Pulo. Penggunaan nama Kampung Pulo di sini mewakili wilayah rawan banjir di daerah meander Kali Ciliwung. Secara administrasi, lokasi penelitian masuk ke dalam beberapa kelurahan, yaitu: Bidara Cina, Bukit Duri, Bali Mester, Kampung Melayu dan Manggarai. Gambar 2-1 menunjukkan lokasi penelitian.

### 2.2. Metode

Tahapan metode penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi tentang area banjir Kampung Pulo

Data SPOT-6 tristereo digunakan untuk mengidentifikasi ketinggian tempat di wilayah Kampung Pulo. Analisa ini digunakan untuk memberikan gambaran sebenarnya tentang elevasi wilayah tersebut, apakah memang berada di dataran banjir atau tidak. Analisa geomorfologi wilayah Kampung Pulo dilakukan. Selain itu data foto udara UAV dan Quickbird tahun 2010 digunakan untuk memberikan gambaran tentang kondisi bangunan di wilayah Kampung Pulo. Analisa kerentanan bangunan dilakukan dengan modifikasi metode yang dilakukan oleh Sumaryono (2010).



Gambar 2-1. Lokasi penelitian dari citra Quickbird tahun 2010 (tanpa skala). Garis warna ungu adalah batas penelitian. Garis warna biru muda adalah batas kelurahan.

## 2. Penentuan daerah genangan

Daerah genangan didelineasi dengan data citra UAV tahun 2013 dan untuk wilayah yang lebih luas di estimasi dengan data elevasi dari ekstraksi data SPOT-6 Tristereo untuk wilayah Kampung Pulo. Kondisi genangan ini merupakan kondisi banjir yang sebenarnya karena diperoleh dari pemotretan langsung UAV. Daerah genangan kemudian digunakan untuk analisa dan estimasi berapa jumlah penduduk dan infrastruktur penting yang terkena dampak banjir.

## 3. Perhitungan jumlah penduduk tereskos bencana banjir

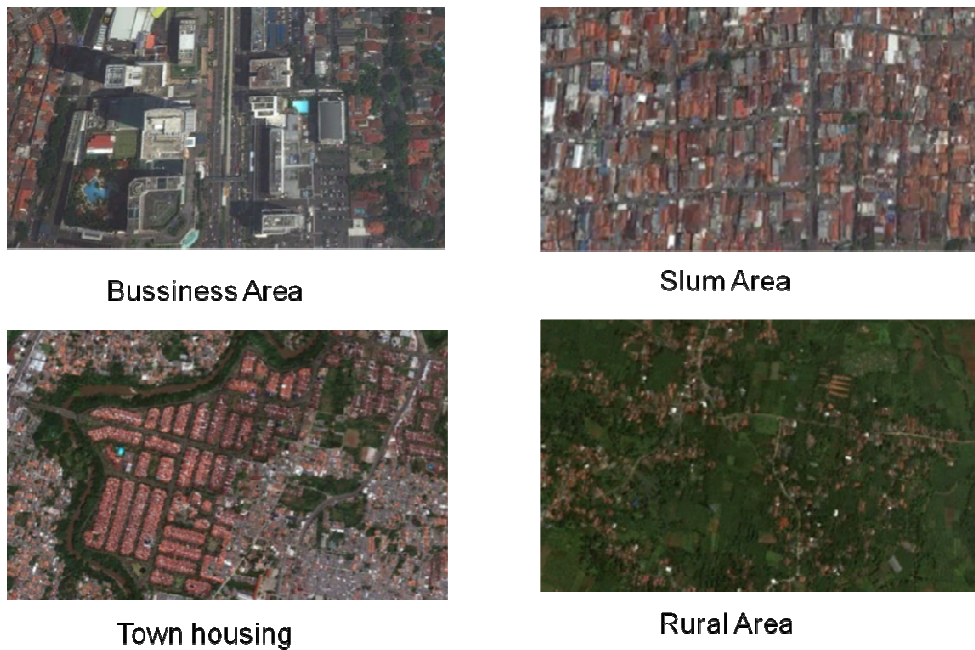
Jumlah penduduk yang terekspos dapat dihitung dari estimasi luas bangunan dan jumlah orang seperti yang dilakukan oleh Taubenbock, et. al. (2010) dan juga Qiu, et al. (2010). Perhitungannya adalah linear antara luas bangunan dengan jumlah penduduk. Jumlah penduduk yang terekspos dihitung dari berapa luas bangunan yang berada di area genangan banjir yang dideteksi dari UAV dan estimasi dengan data SPOT-6 Tristereo.

## 4. Estimasi kondisi sosial ekonomi penduduk Kampung Pulo

Estimasi kondisi sosial juga dapat dihitung dari hasil kajian yang dilakukan oleh Taubenbock, et. al. (2010) dan Sumaryono (2010). Penelitian ini menghubungkan antara kondisi sosial ekonomi penduduk dengan karakteristik dan struktur bangunan di wilayah Kampung Pulo. Berdasarkan hal ini, maka dapat dianalisa kondisi sosial ekonomi di wilayah genangan banjir. Gambar 2-1 merupakan contoh estimasi sosial ekonomi penduduk dengan kondisi struktur dan tipe bangunan di suatu wilayah.

## 5. Penentuan lokasi evakuasi vertikal

Berdasarkan hasil kajian mengenai kondisi studi area, wilayah genangan, jumlah penduduk terekspos, dan kondisi sosial ekonomi masyarakat di wilayah Kampung Pulo maka dapat ditentukan lokasi evakuasi vertikal.



Gambar 2-1. Contoh hubungan antara kondisi sosial ekonomi dengan struktur bangunan

Berapa daya tampung gedung yang akan digunakan untuk evakuasi vertikal dapat dihitung berdasarkan hasil kajian tersebut. Perlakuan masyarakat yang sosial ekonominya tinggi tentunya akan berbeda dengan yang tingkat sosial ekonominya rendah. Misalnya orang kaya akan lebih leluasa untuk meninggalkan rumah dan menginap di hotel atau di tempat kerabatnya pada saat kejadian banjir, sedangkan penduduk miskin tidak akan semudah hal tersebut. Dalam penentuan lokasi evakuasi vertikal pada kajian ini memperhatikan hal-hal tersebut.

## 6. Rekomendasi penanganan banjir

Rekomendasi penanganan banjir di Kampung Pulo akan dapat disajikan jika semua tahap di atas sudah dilakukan. Penyebab banjir dari kajian kondisi wilayah, jumlah penduduk yang terekspos, kondisi sosial ekonomi menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan rekomendasi penanganan banjir di wilayah tersebut.

## 3. Hasil dan Pembahasan

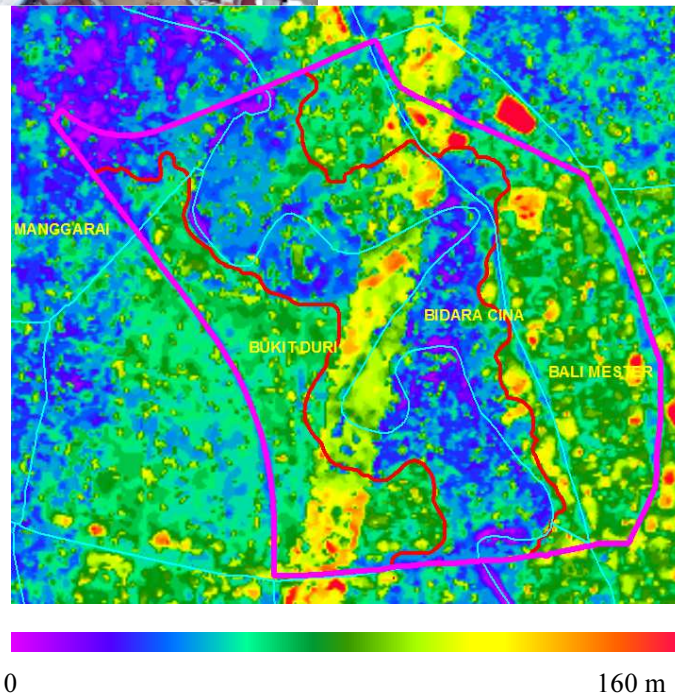
### 3.1. Identifikasi daerah rawan banjir

Daerah penelitian merupakan wilayah langganan banjir, terutama terjadi pada musim penghujan. Berdasarkan analisis geomorfologi menggunakan data SPOT-6 DEM dan foto udara UAV, dapat diketahui bahwa daerah penelitian merupakan wilayah dataran banjir (floodplain). Batas-batas wilayah dengan bentuklahan berupa dataran banjir tersebut dengan mudah dapat diketahui dari pola ketinggian yang tercermin dari data SPOT-6 DEM. Gambar 3-2 dan 3-3 menunjukkan hasil analisis batas-batas wilayah bentuklahan dataran banjir di lokasi penelitian. Batas-batas wilayah bentuklahan dataran banjir yang merupakan daerah rawan banjir dapat diamati dari foto udara UAV. Terlihat adanya pola batas antara genangan air banjir yang berwarna kecoklatan dengan daerah-daerah yang tidak terkena banjir. Gambar 3-1 memperhatikan pola batas tersebut.





Gambar 3-1. Pola batas antara genangan air banjir yang berwarna kecoklatan dengan daerah-daerah yang tidak terkena banjir (garis berwarna merah putus-putus)



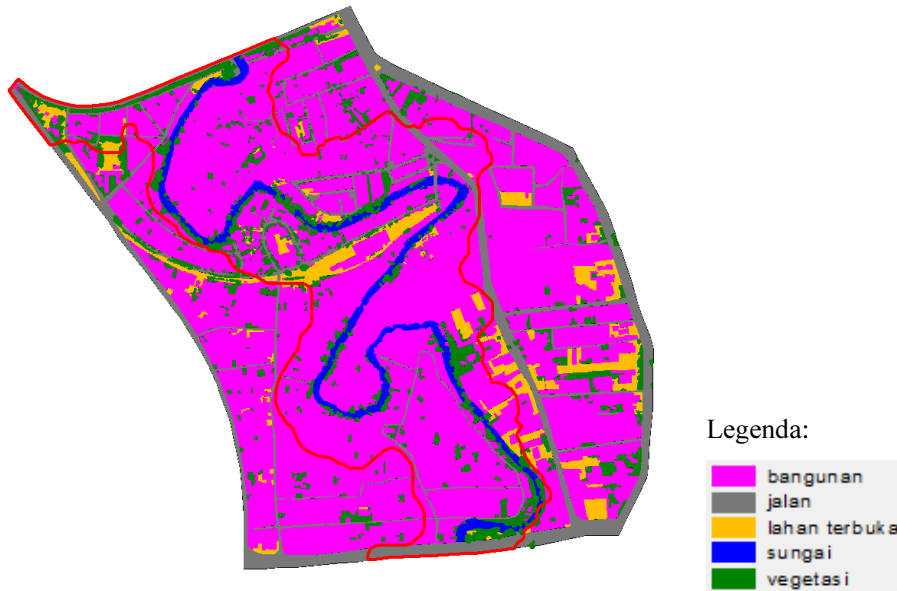
Gambar 3-2. Batas-batas wilayah bentuklahan dataran banjir di lokasi penelitian (warna merah), dianalisis dari data SPOT-6 DEM dan foto udara UAV.



Gambar 3-3. Batas-batas wilayah bentuklahan dataran banjir di lokasi penelitian (warna merah), diverifikasi dengan data foto udara UAV.

### 3.2. Interpretasi Penutup Lahan

Penutup lahan daerah penelitian dianalisis secara visual dengan teknik dijitasi layar (*visual onscreen digitation*) pada data foto udara UAV dan Quickbird. Data Quickbird dipergunakan sebagai pelengkap untuk memperoleh informasi penutup lahan daerah penelitian yang tidak terekam foto udara UAV. Gambar 3-4 menunjukkan penutup lahan di daerah penelitian.



Gambar 3-4. Penutup lahan di lokasi penelitian (tanpa skala). Garis warna merah adalah Batas-batas wilayah bentuklahan dataran banjir

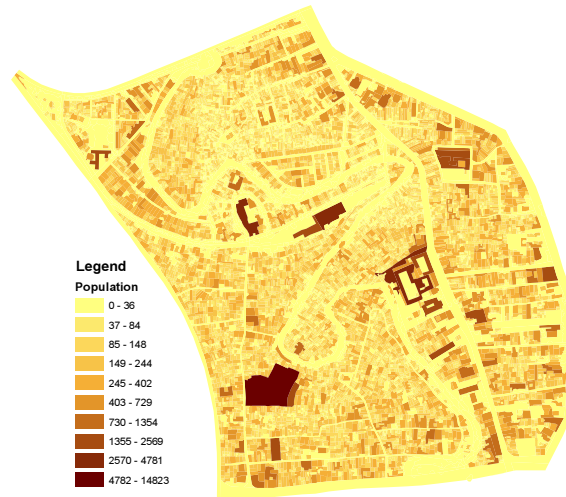
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kampung Pulo merupakan bangunan (105.06 ha atau 67.44 % dari luas wilayah). Untuk vegetasi hanya mencakup kurang dari 10 % luas wilayah. Secara lebih lengkap, Tabel 3-1 menunjukkan menunjukkan luas tiap-tiap kelas penutup lahan di daerah penelitian.

Tabel 3-1. Luas penutup lahan di daerah penelitian

KELAS	LUAS (Ha)	% LUAS
Bangunan	105.06	67.44
Jalan	21.58	13.85
Lahan Terbuka	8.58	5.51
Sungai	5.24	3.37
Vegetasi	15.32	9.84
<i>Jumlah</i>	155.78	100.00

### 3.3. Estimasi Pumlah Penduduk

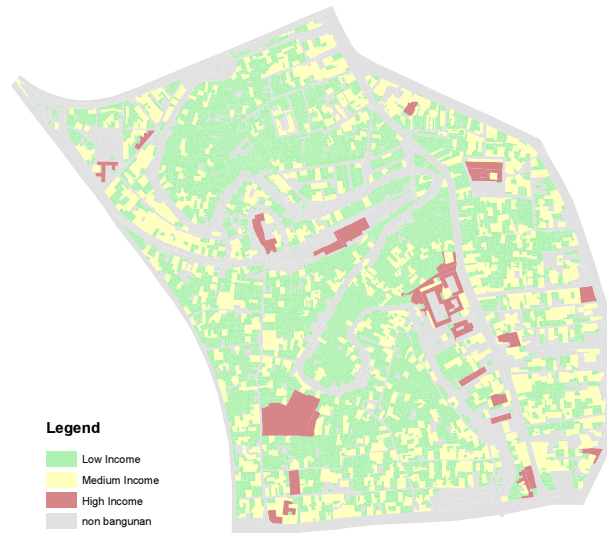
Berdasarkan analisis dengan referensi model dari Qiu, et al. (2010), estimasi sebaran jumlah penduduk diwilayah banjir Kampung Pulo adalah sebesar 1.062.474 jiwa. Distribusi spasial penduduk di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3-5.



Gambar 3-5. Distribusi spasial penduduk di Kampung Pulo (tanpa skala).

### 3.4. Estimasi Kondisi Sosial Ekonomi

Secara umum kondisi sosial ekonomi masyarakat di kampung pulo dapat dikategorikan sebagai *low income* dan *medium income*, sedangkan sedikit proporsinya yang memiliki *high income*. Hasil tersebut tersaji pada Gambar 3-6.

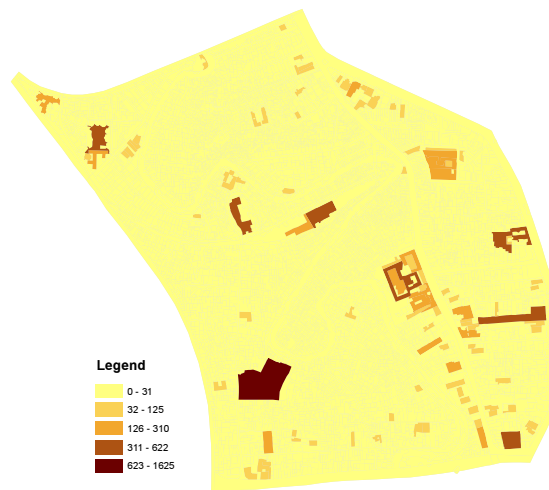


Gambar 3-6. sebaran kondisi sosial ekonomi kampung pulo

### 3.5. Analisis Potensi Bangunan Tempat Evakuasi

Hasil analisa potensi bangunan tempat evakuasi jika tingkat kenyamanan orang sebesar 9 m<sup>2</sup> dalam menempati ruangan, maka daya tampung tempat evakuasi yang ada hanya sekitar 14.228 orang. Sebaran daya tampung gedung yang dapat dijadikan tempat evakuasi disajikan pada Gambar 3-7.





Gambar 3-7. daya tampung bangunan yang dapat digunakan untuk evakuasi vertikal

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa kondisi sosial ekonomi, jumlah penduduk, dan daya tampung bangunan evakuasi, nampaknya di Kampung pulo diperlukan tambahan bangunan tempat evakuasi yang cukup signifikan. Kondisi ekonomi terlihat pada kelas *low-medium income*, sehingga perlu perhatian khusus dalam peningkatan kapasitas masyarakat dalam penanggulangan bencana banjir. Hasil-hasil dalam penelitian ini masih bersifat tentatif dan memerlukan verifikasi dan validasi.

#### 5. Daftar Rujukan

- Asriningrum, W. 2002. Studi Kemampuan Landsat ETM+ Untuk Identifikasi Bentuklahan (Landforms) di Daerah Jakarta-Bogor. Tesis S-2, Program Pascasarjana IPB, Bogor
- Rahayu, H.P. & Nasu, S. 2009. Good Practices of Enhancement Early Warning System for High Populated Cities – A Case Study for Jakarta Flood. Kochi University of Technology. [http://management.kochi-tech.ac.jp/ssms\\_papers/sms10\\_163%20Rahayu%20Harkunti.pdf](http://management.kochi-tech.ac.jp/ssms_papers/sms10_163%20Rahayu%20Harkunti.pdf). Diakses pada 21 Maret 2014.
- Ritter, F. D. 1979. Process Geomorphology. Southern Illinois University at Carbondale. Iowa: Brown Co. Publishers Duque
- Sumaryono. 2010. Assessing Building Vulnerability to Tsunami Hazard Using Integrative Remote. Dissertation der Fakultät für Geowissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Taubenbock. 2009. Integrating Remote Sensing and Social Science - The correlation of urban morphology with socioeconomic parameters. Urban Remote Sensing Joint Event, IEEE 978-1-4244-3461-9/09
- Taubenbock. 2010. Object-based feature extraction using high spatial resolution satellite data of urban areas. Journal of Spatial Science, 55, 1:117-132.
- Texier, P. 2008. Floods in Jakarta: when the extreme reveals daily structural constraints and mismanagement, Disaster Prevention and Management, 17, Iss: 3, 358 – 372
- Thornbury, W.D. 1954. Principles of Geomorphology., 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Zuidam, R.A van, 1985. Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. ITC Enschede. The Netherlands