



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201982241, 15 November 2019

Pencipta

Nama : **Dr. Ir. Kustamar, MT., Ir. Togi H.Nainggolan, MS., , dkk**

Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura No 2, Malang, Jawa Timur, 65145

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **ITN Malang**

Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura No 2 , Malang, Jawa Timur, 65145

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **PENGENDALIAN BANJIR DALAM ERA REVOLUSI
INDUSTRI 4.0**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 15 November 2019, di Malang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000164633

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Dr. Ir. Kustamar, MT.	Jl. Bendungan Sigura-gura No 2
2	Ir. Togi H.Nainggolan, MS.	Jl. Bendungan Sigura-gura No 2
3	Ir. Agung Witjaksono, MT.	Jl. Bendungan Sigura-gura No 2





**Laporan
HASIL UJI COBA PRODUK
PENELITIAN
PENGEMBANGAN UNGGULAN
PERGURUAN TINGGI**

**PENGENDALIAN BANJIR
DALAM ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0**

Dr. Ir. Kustamar, MT. (0001026401)

Ir. Togi H.Nainggolan, MS. (0719065901)

Dr. Liliya Dewi Susanawati, ST., MT. (0012057604)

Ir. Agung Witjaksono, MT. (0718126402)



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Buku ini merupakan dokumen hasil uji coba produk Penelitian Pengembangan Unggulan Perguruan Tinggi yang berjudul: Pengendalian Banjir Berbasis Konservasi Sumber Daya Air yang dibiayai DP2M DIKTI, dengan Surat Perjanjian: Nomor : ITN.03.0376.21/IX.REK/2019.

Kali Kemuning melintas kawasan Kota Sampang, Provinsi Jawa Timur. Kota Sampang merupakan salah satu ibu kota kabupaten di Pulau Madura, tiap tahun dilanda banjir sehingga menjadi salah satu pusat perhatian upaya pengendalian banjir di Indonesia. Permasalahan banjir dan penyebabnya yang terjadi di kali kemuning banyak dijumpai di beberapa daerah, dengan skala yang lebih besar. Dengan demikian, pengendalian banjir Kali Kemuning sangat cocok sebagai model pengendalian banjir di Indosensia.

Faktor-faktor penyebab banjir di Kali Kemuning ialah: (1). Kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS); (2). Kondisi alur sungai di kawasan perkotaan, dan (3). Pengaruh air pasang. Mayoritas lahan di kawasan DAS Kali Kemuning digunakan sebagai lahan pertanian, sehingga upaya pengendalian banjir dilakukan dengan konservasi vegetatif, dan pembuatan Sumur Resapan Fungsi Ganda (SRFG). Pengendalian pengaruh air pasang dilakukan dengan pembuatan pintu air di muara, yang kinerjanya diperkuat dengan pompa air. Sedangkan pengendalian banjir di bagian tengah hingga hilir dilakukan dengan normalisasi alur sungai, dan memanfaatkannya sebagai long storage dan sarana ekowisata. Unsur kreatif tersebut dibangun dengan orientasi agar infrastruktur yang dihasilkan sesuai dengan tuntutan era revolusi industri 4.0 sehingga dapat berfungsi maksimal.

Dalam rangkaian penelitian yang telah dilakukan, data diakuisisi secara skunder dari instansi terkait di Kabupaten Sampang, serta Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Jawa Timur. Survey dilakukan dengan pengukuran topografi di beberapa titik di palung sungai, arus, dan elevasi muka air sungai bagian tengah, serta elevasi muka iar pasang-surut. Konsultasi dilakukan dalam forum diskusi grup (FGD) yang terdiri dari: Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Pariwisata, dan Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Malang, Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI



Daftar Isi

- 01 • Ringkasan
- 02 • Kebijakan
- 03 • Aspek Pengendalian Banjir dalam Pengelolaan SDA
- 04 • Pengendalian Banjir di Permukaan Lahan
- 05 • Pengendalian Banjir di Palung Sungai
- 06 • Normalisasi Alur Sungai & Eko wisata



1

- Ringkasan

Ringkasan

5

- Poin Penting

01

- Pengelolaan Sumber Daya Air (SDA) terdiri dari: (1). Konservasi; (2). Pendayagunaan; (3). Pengendalian Daya Rusak; (4). Pemberdayaan Masyarakat, dan (5). Sistem Informasi Sumber Daya Air.

02

- Era Revolusi Industri 4.0, ditandai dengan terjadinya konektivitas secara nyata antara: manusia, mesin, dan data.

03

- Inovasi desain infrastruktur: (1). Penggabungan beberapa fungsi pada satu alat. (2). Digitalisasi semua data, baik data spasial maupun data titik. (3). Peningkatan kecepatan dan akurasi, dalam proses analisa maupun pengiriman data.

04

- Desain spasial harus mengarah pada zonasi, untuk mengurangi gerakan arah horizontal.

05

- Untuk menjamin keberlanjutan, tentunya kebijakan terkait dengan ekonomi dan ekologis harus menjadi perhatian utama.

2

- Kebijakan



Kebijakan

Pada Era Revolusi Industri 4.0 beberapa kebijakan akan mengarah kepada:

1. Tata Ruang Wilayah, cenderung membentuk zona-zona mandiri. Setiap zona terdapat infrastruktur yang mencukupi kebutuhan penghuninya, sehingga gerakan horizontal semakin minim.
2. Penggabungan beberapa fungsi ke dalam sebuah bangunan, misalnya: fungsi ganda untuk bangunan lalu lintas kendaraan, air, listrik. Fungsi ganda untuk bangunan pengendali banjir dengan penyediaan air bersih.
3. Bentuk bangunan lebih ergonomis, dan ramah lingkungan.
4. Penggunaan material yang bersifat *self healing*, misalnya penggunaan aspal, beton yang dapat memperbaiki kondisinya jika terjadi penurunan fungsi.
5. Berorientasi pada perbaikan ekonomi dan ekologis, serta pemberdayaan masyarakat.



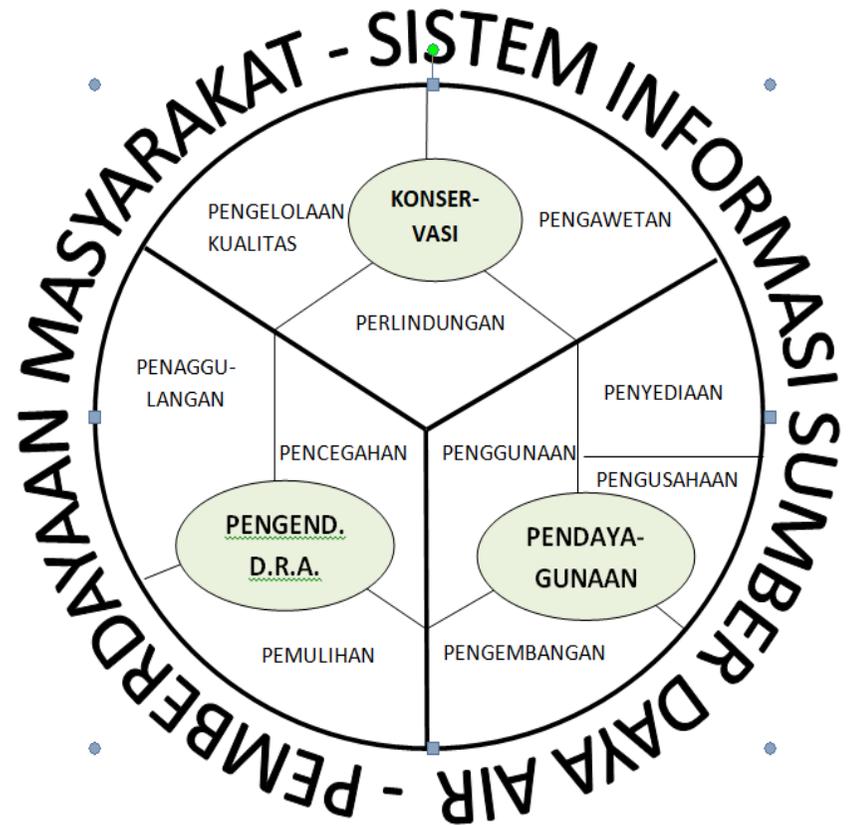
3

- Aspek Pengendalian Banjir dalam Pengelolaan Sumber Daya Air

Aspek Pengendalian Banjir dalam Pengelolaan SDA

“Sumber Daya Air merupakan bagian dari sumber daya alam, yang memiliki sifat spesifik, dan berhubungan erat dengan siklus Hidrologi.”

- Dalam Pengelolaan SDA terdiri dari:
- (1). Konservasi;
- (2). Pendayagunaan;
- (3). Pengendalian Daya Rusak;
- (4). **Pemberdayaan Masyarakat**, dan
- (5). **Sistem Informasi Sumber Daya Air**.



Infrastruktur Dalam Pengendalian Banjir

Sumur Resapan merupakan salah satu sarana untuk menampung air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah. Pada awalnya kehadiran sumur resapan sangat diharapkan dapat memberi kontribusi signifikan dalam kegiatan pengendalian limpasan permukaan (banjir). Namun dalam perkembangannya, timbul hambatan yang cukup besar terkait dengan keterbatasan anggaran dan rendahnya partisipasi masyarakat. Sarana ini cocok untuk dataran dengan kemiringan kurang dari 30 %, dan kedalaman air tanah lebih dari 4 meter. Sedangkan untuk daerah yang kedalaman air tanahnya kurang dari 4 m lebih cocok jika digunakan Biopori.

Biopori merupakan sarana rekayasa peningkatan porositas tanah dengan memanfaatkan aktifitas mikro organisme. Strategi ini dibangun dengan menirukan ekosistem mikro organisme di hutan, dengan harapan pengontrolan limpasan permukaan dapat berlangsung efektif. Upaya peningkatan dampak positif dilakukan dengan memberi umpan berupa sampah organik yang dimasukkan dalam lubang biopori agar jumlah dan aktifitas mikro organisme meningkat. Limpasan permukaan yang tidak terkontrol pada lahan terbuka dengan kemiringan permukaan lahan yang terjal cenderung terjadi erosi permukaan.

Erosi permukaan yang berkembang hingga menimbulkan parit, dapat ditangani dengan efektif menggunakan Sabo Dam. Sabu Dam dilengkapi dengan tanggul di sayap kanan dan kiri untuk menangkap material hasil erosi permukaan untuk diarahkan ke dalam parit. Parit yang berkembang menjadi anak sungai harus dikontrol dengan membuat bangunan melintang alur sungai, yaitu berupa Check Dam. Bangunan ini selain berfungsi menampung sedimen, juga sebagai pengontrol erosi dasar sungai. Berkurangnya sedimen yang terangkut di sungai dapat mengurangi laju proses pendangkalan alur sungai sehingga kapasitas debit sungai dapat dipertahankan.

Limpasan permukaan yang terkumpul dalam alur sungai dapat dikurangi daya rusaknya dengan menampung sementara dalam sebuah Bendungan, dan dilepaskannya kembali sesuai dengan kebutuhan. Bendungan yang multi fungsi dapat meningkatkan efektifitas pendayagunaan sumber daya air.

Kontrol terhadap elevasi muka air di sungai dan waduk dapat dilakukan dengan menggunakan pintu air. Dalam pengelolaan sumber daya air, pintu air dapat merupakan bagian dari bendungan atau berdiri sendiri yang dipasang pada muara sungai. Dalam hal ini, pintu air digunakan untuk mengontrol pengaruh air pasang terhadap elevasi muka air sungai.

Pelibatan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air telah melalui proses yang panjang, mulai dari bentuk pelatihan, pendampingan, pemberdayaan, hingga pembentukan Model Desa Konservasi. Keterlibatan masyarakat menjadi penentu berhasil atau gagalnya pengelolaan sumber daya air, mengingat mayoritas lahan dalam suatu Daerah Aliran Sungai adalah milik rakyat. Upaya meningkatkan kemudahan dan akurasi, serta percepatan proses dalam analisa data diperlukan system informasi yang baik.

Karakter penciri infrastruktur era revolusi industri 4.0 ialah adanya peningkatan efisiensi dan efektifitas dengan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi, serta desain yang bersifat multi fungsi. Proses bisnis industri konstruksi harus diubah untuk: (1).Optimalisasi Desain; (2). Maksimalisasi fungsi; (3). Efisiensi Proses; dan (4). Maksimalisasi kualitas produk. Dampak yang harus diantisipasi antara lain meliputi: (1). Terjadi penghapusan beberapa jenis profesi, akan tetapi juga menghasilkan peluang pekerjaan baru yang lebih spesifik, terutama yang membutuhkan kompetensi tinggi; (2). Dibutuhkan transformasi keterampilan bagi SDM.

Teknologi internet sudah harus dimanfaatkan dalam bidang konstruksi, seperti: (1). Informasi material dan peralatan apa saja yang terdapat di suatu daerah dapat diketahui dalam waktu cepat dan tepat; (2). Peramalan banjir tidak berbasis data hujan, akan tetapi berbasis data potensi awan. Ramalan BMKG tentang potensi hujan dapat dilengkapi sarana untuk prediksi potensi banjir di setiap kawasan.



4

• Latar Belakang

Latar Belakang

Sumur Resapan merupakan salah satu sarana untuk menampung air hujan dan meresapkannya ke dalam tanah. Pada awalnya kehadiran sumur resapan sangat diharapkan dapat memberi kontribusi signifikan dalam kegiatan pengendalian limpasan permukaan (banjir). Namun dalam perkembangannya, timbul hambatan yang cukup besar terkait dengan keterbatasan anggaran dan rendahnya partisipasi masyarakat. Sarana ini cocok untuk dataran dengan kemiringan kurang dari 30 %, dan kedalaman air tanah lebih dari 4 meter. Sedangkan untuk daerah yang kedalaman air tanahnya kurang dari 4 m lebih cocok jika digunakan Biopori.

Biopori merupakan sarana rekayasa peningkatan porositas tanah dengan memanfaatkan aktifitas mikro organisme. Strategi ini dibangun dengan menirukan ekosistem mikro organisme di hutan, dengan harapan pengontrolan limpasan permukaan dapat berlangsung efektif. Upaya peningkatan dampak positif dilakukan dengan memberi umpan berupa sampah organik yang dimasukkan dalam lubang biopori agar jumlah dan aktifitas mikro organisme meningkat. Limpasan permukaan yang tidak terkontrol pada lahan terbuka dengan kemiringan permukaan lahan yang terjal cenderung terjadi erosi permukaan.

Erosi permukaan yang berkembang hingga menimbulkan parit, dapat ditangani dengan efektif menggunakan Sabo Dam. Sabu Dam dilengkapi dengan tanggul di sayap kanan dan kiri untuk menangkap material hasil erosi permukaan untuk diarahkan ke dalam parit. Parit yang berkembang menjadi anak sungai harus dikontrol dengan membuat bangunan melintang alur sungai, yaitu berupa Check Dam. Bangunan ini selain berfungsi menampung sedimen, juga sebagai pengontrol erosi dasar sungai. Berkurangnya sedimen yang terangkut di sungai dapat mengurangi laju proses pendangkalan alur sungai sehingga kapasitas debit sungai dapat dipertahankan.

Limpasan permukaan yang terkumpul dalam alur sungai dapat dikurangi daya rusaknya dengan menampung sementara dalam sebuah Bendungan, dan dilepaskannya kembali sesuai dengan kebutuhan. Bendungan yang multi fungsi dapat meningkatkan efektifitas pendayagunaan sumber daya air.

Kontrol terhadap elevasi muka air di sungai dan waduk dapat dilakukan dengan menggunakan pintu air. Dalam pengelolaan sumber daya air, pintu air dapat merupakan bagian dari bendungan atau berdiri sendiri yang dipasang pada muara sungai. Dalam hal ini, pintu air digunakan untuk mengontrol pengaruh air pasang terhadap elevasi muka air sungai.

Pelibatan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya air telah melalui proses yang panjang, mulai dari bentuk pelatihan, pendampingan, pemberdayaan, hingga pembentukan Model Desa Konservasi. Keterlibatan masyarakat menjadi penentu berhasil atau gagalnya pengelolaan sumber daya air, mengingat mayoritas lahan dalam suatu Daerah Aliran Sungai adalah milik rakyat. Upaya meningkatkan kemudahan dan akurasi, serta percepatan proses dalam analisa data diperlukan system informasi yang baik.

Karakter penciri infrastruktur era revolusi industri 4.0 ialah adanya peningkatan efisiensi dan efektifitas dengan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi, serta desain yang bersifat multi fungsi. Proses bisnis industri konstruksi harus diubah untuk: (1).Optimalisasi Desain; (2). Maksimalisasi fungsi; (3). Efisiensi Proses; dan (4). Maksimalisasi kualitas produk. Dampak yang harus diantisipasi antara lain meliputi: (1). Terjadi penghapusan beberapa jenis profesi, akan tetapi juga menghasilkan peluang pekerjaan baru yang lebih spesifik, terutama yang membutuhkan kompetensi tinggi; (2). Dibutuhkan transformasi keterampilan bagi SDM.

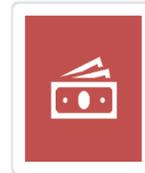
Teknologi internet sudah harus dimanfaatkan dalam bidang konstruksi, seperti: (1). Informasi material dan peralatan apa saja yang terdapat di suatu daerah dapat diketahui dalam waktu cepat dan tepat; (2). Peramalan banjir tidak berbasis data hujan, akan tetapi berbasis data potensi awan. Ramalan BMKG tentang potensi hujan dapat dilengkapi sarana untuk prediksi potensi banjir di setiap kawasan.

Pengendalian Banjir di Permukaan Lahan



• Sudut Pandang

Bangunan konservasi didesain bukan hanya dengan sudut pandang hidrologis, akan tetapi ekonomis, dan ekologis. Sudut pandang ekonomis digunakan untuk membangun kondisi bahwa masyarakat terlibat dalam konservasi karena kebutuhan mereka. Sedangkan sudut pandang ekologis, digunakan untuk mengontrol agar semua program menuju pada perbaikan alam dengan harapan semua akan berkesinambungan.



• Nilai Ekonomis

Hambatan penerapan sumur resapan ialah ketersediaan anggaran dan lahan. Oleh karenanya maka diupayakan agar sumur resapan dapat memiliki nilai ekonomis yang tinggi, sehingga masyarakat menginvestasikan anggaran dan mengalokasikan lahannya. Untuk hal ini, maka diciptakan sumur resapan fungsi ganda (SRFG), yaitu sumur resapan yang selain sebagai sarana meresapkan air ke dalam tanah juga dapat digunakan sebagai sarana pengambilan air tanah.



• Solusi 2 Arah

Pengambilan air tanah untuk keperluan irigasi semakin meningkat, dan berdampak terjadinya penurunan permukaan lahan. Oleh karenanya kehadiran SRFG diharapkan menjadi solusi tuntas 2 arah, yaitu pengendalian banjir dan penyediaan air irigasi.

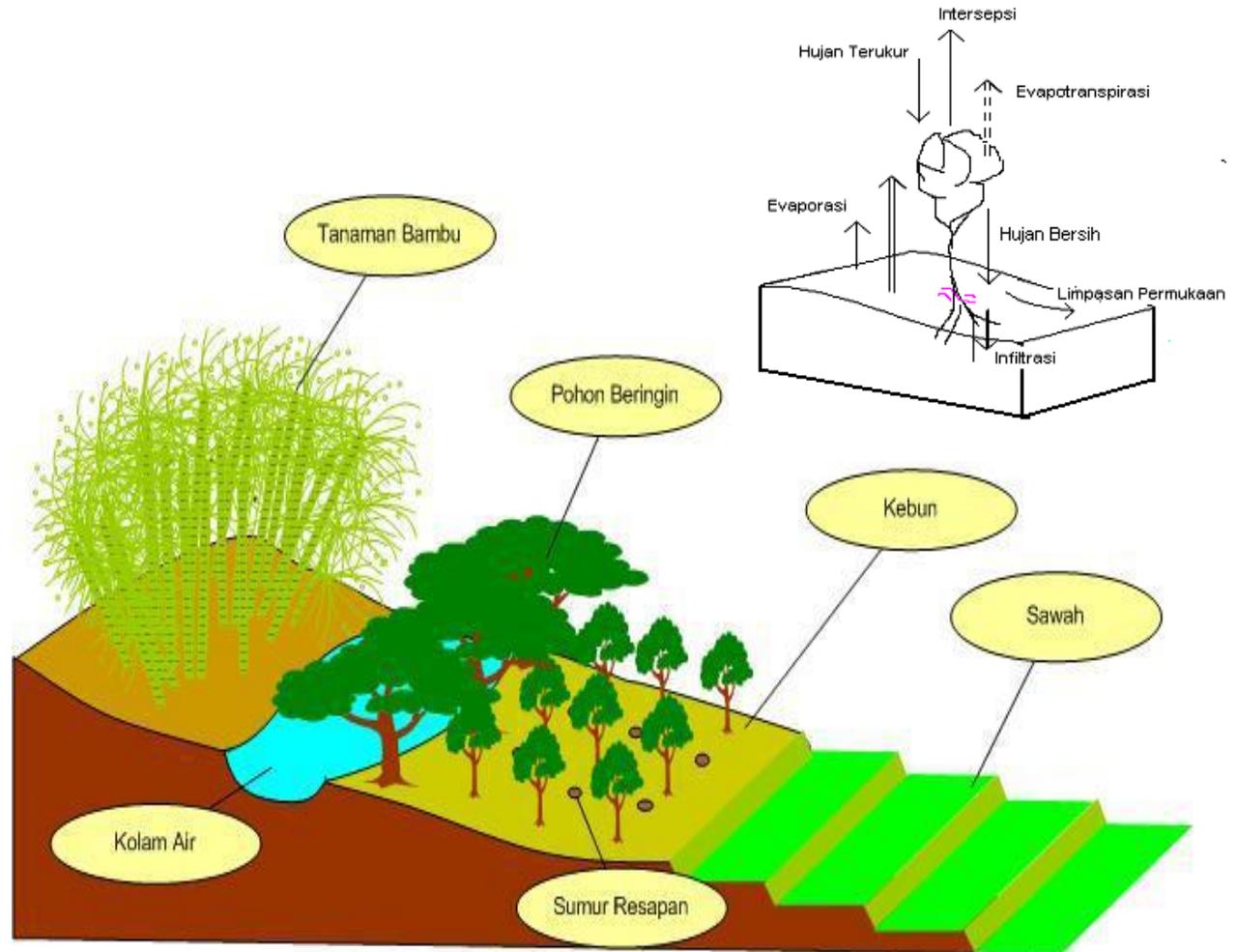


• Pendampingan Khusus

Namun demikian pembuatan sumur SRFG perlu pendampingan khusus, agar tidak timbul dampak negatif.

KONSEP MINIMALISASI LIMPASAN PERMUKAAN

Minimalisasi debit limpasan permukaan dapat dilakukan dengan meningkatkan jumlah air yang terserap tanah dan peningkatan jumlah air yang menguap kembali, serta menampung air di atas permukaan lahan. Peningkatan kapasitas resapan lahan dapat dilakukan dengan pemanfaatan jasa tanaman (vegetasi) dan pengolahan lahan (tanah). Orientasi upaya dalam hal ini mengarah peningkatan porositas tanah dan perlambatan aliran air arah horizontal. Air yang terserap tanah dan tertangkap akuifer akan tertahan dan secara bertahap dilepaskan dalam bentuk mata air. Sedangkan yang tidak tertangkap akuifer akan merembes di atas batuan kedap mengalir ke arah hilir memperbaiki kualitas dan kuantitas air tanah dalam.



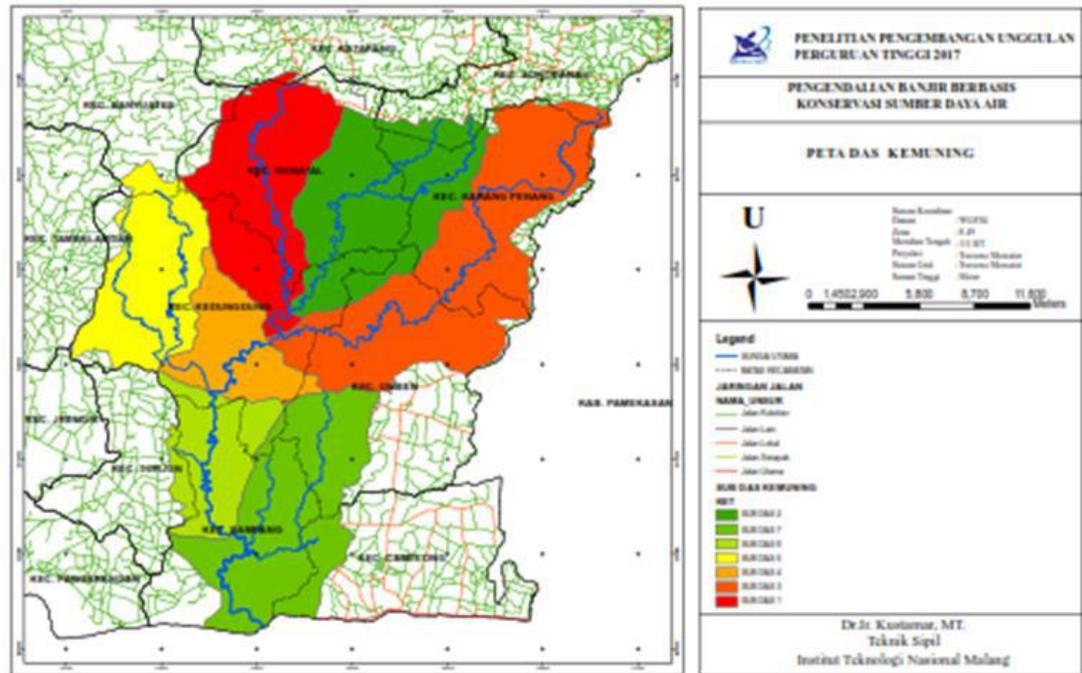
BATAS DAN LUAS DAERAH ALIRAN SUNGAI

Batas Daerah Aliran Sungai (DAS) Kemuning dibuat berdasarkan peta kontur skala 1:25000, yang merupakan bagian dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) versi digital. Dengan proses penyempurnaan peta garis, dan program bantu maka dapat dibuat peta batas DAS Kali Kemuning.

Untuk keperluan analisis dan evaluasi kinerja pengelolaan DAS, maka dilakukan pembagian Sub DAS. Batas DAS dan masing – masing Sub DAS ditampilkan pada berikut. Agar hasil penelitian ini juga mudah diintegrasikan dengan program-program yang dikelola oleh dinas terkait, maka dalam pembagian Sub DAS juga telah dikoordinasikan. Luas masing-masing Sub DAS ditampilkan dalam tabel berikut

Luas DAS Kemuning

NO	NAMA	LUAS (Km2)
1	Sub DAS 1	62,52
2	Sub DAS 2	70,73
3	Sub DAS 3	103,22
4	Sub DAS 4	30,14
5	Sub DAS 5	47,83
6	Sub DAS 6	33,15
7	Sub DAS 7	72,65
Jumlah Luas DAS Kali Kemuning		420,24



Pembagian Sub DAS Kemuning

MINIMALISASI LIMPASAN PERMUKAAN DENGAN VEGETATIF

Penggunaan jasa vegetasi dalam upaya peningkatan kapasitas resapan air akan berdampak signifikan, jika dilakukan dalam suatu kawasan. Adanya dedaunan yang jatuh ke permukaan lahan, dan tingginya oksigen di bawah pepohonan menyebabkan semua makluk dapat tumbuh dengan baik. Sistem perakaran dan bahan organik mengkondisikan tumbuhnya organisme yang secara alami menciptakan bio pori sehingga meningkatkan porositas tanah. Dengan demikian kapasitas infiltrasi (resapan) tanah akan semakin meningkat. Peningkatan jumlah air yang kembali menguap dapat dilakukan dengan pemanfaatan vegetasi, melalui jerapan air hujan pada kanopi tanaman.

Dalam hal ini, tentu saja tanaman yang berkanopi lebar dan bertajuk daun lebat akan lebih menguntungkan dalam tunjauan maksimalisasi intersepsi. Proses intersepsi mengkondisikan curah hujan yang jatuh dengan intensitas tinggi namun berdurasi singkat dapat terjerap di tajuk dan diubah menjadi aliran batang dan tetesan langsung sehingga berdurasi panjang dengan intensitas rendah. Kondisi ini tentu akan meningkatkan kesempatan air untuk dapat diserap tanah. Metode ini cocok untuk wilayah dengan jenis penggunaan lahan perkebunan dan hutan, atau di wilayah kawasan lindung di sekitar mata air (radius 200m) atau sepadan sungai dengan *buffer* 100 meter untuk sungai besar, 50 meter untuk anak sungai di luar kawasan permukiman, serta 15 meter di kawasan permukiman untuk sungai dan anak sungai.



Konservasi Vegetatif dengan tanaman Pinus

SEBARAN HUJAN



DAS Kali Kemuning mempunyai batas geografis dengan letak lintang $7^{\circ} 10' - 7^{\circ} 20'$ lintang selatan dan letak bujur $113^{\circ} 13' 28'' - 113^{\circ} 23' 74''$ bujur timur. Kondisi iklimnya termasuk iklim tropis dengan dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Angin dari barat laut, bertiup pada bulan Nopember sampai April yang mengakibatkan musim hujan, sedangkan angin dari arah tenggara bertiup pada bulan Oktober sampai April yang mengakibatkan musim kering.

Curah hujan tahunan rata-rata di DAS Kali Kemuning berkisar antara 900 – 2400 mm. Sungai Kemuning memiliki beberapa anak sungai yang sangat signifikan dalam memberikan kontribusi debit banjir ke Sungai Kemuning sehingga mengakibatkan terjadinya banjir di Kota Sampang.

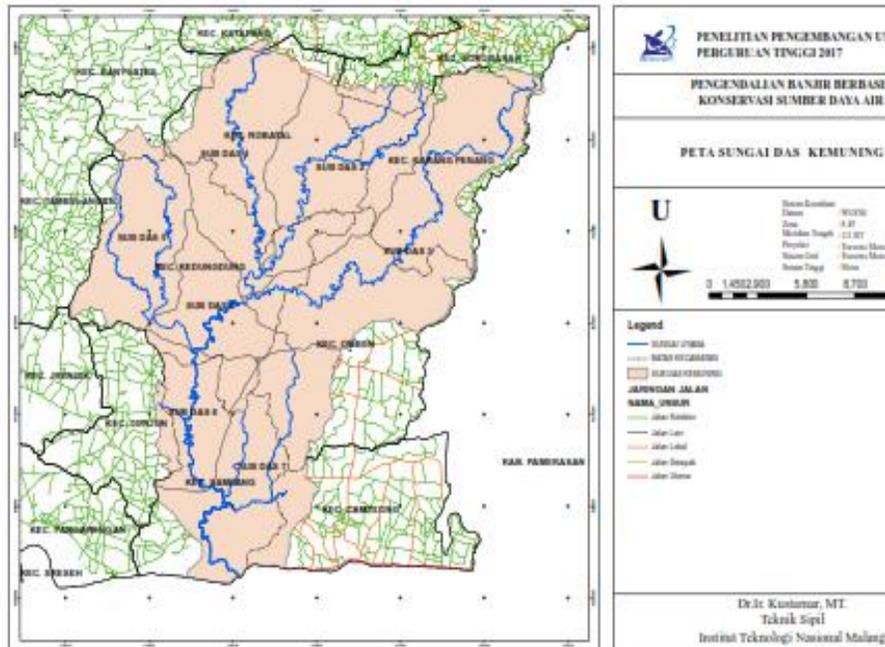
SISTEM SUNGAI

Kali Kemuning ini memiliki anak sungai yang cukup banyak dan berbentuk kipas, sehingga menyebabkan datangnya banjir begitu cepat. Ditambah lagi susunan tanah di wilayah DAS Kali Kemuning yang sebagian besar terdiri atas lempung hal ini akan menambah besarnya puncak banjir serta dalam waktu yang relatif pendek terjadi waktu puncak dan waktu surut.

Secara umum kondisi sungai-sungai di Daerah Aliran Sungai Kemuning bagian hulu termasuk dalam kategori sungai *intermitten*, yaitu sungai yang alirannya hanya terjadi pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau tidak ada aliran yang mengalir. Sebagian besar anak-anak sungai Kemuning yang termasuk dalam kategori *intermitten* tersebut terdapat di bagian hulu DAS Kemuning. Sungai Kemuning bagian hilir merupakan sungai yang airnya mengalir sepanjang tahun. Pada saat kondisi Aliran normal, debit air minimum yang ada di Sungai Kemuning sekitar 1,18 m³/det yang kondisi debit ini terjadi pada saat musim kemarau panjang. Kejadian banjir yang terjadi pada bulan Pebruari tahun 2002 merupakan banjir terbesar dengan debit aliran Sungai Kemuning di stasiun AWLR Pangelen Desa Banyumas mencapai nilai □ 542,12 m³/det (mendekati nilai debit rancangan kala ulang 200 tahun)

Sungai Kemuning setiap tahun selalu meluap dan menimbulkan genangan di daerah sekitarnya. Jika terjadinya banjir bersamaan dengan aktifitas pasang air laut maka bisa dipastikan banjir yang terjadi akan meluap sampai menggenangi pemukiman penduduk yang ada di DAS Kemuning dan menggenangi lahan pertanian yang ada di sekitarnya, juga jalan-jalan yang menghubungkan daerah-daerah di sekitar daerah aliran sungai, bahkan sampai ke tengah Kota Sampang.

Sungai Kemuning mengalir membelah Kota Sampang dan setiap tahun memberikan kontribusi debit banjir yang mengakibatkan kerugian jiwa dan harta benda masyarakat di Kota Sampang. Bencana banjir terjadi sebagai akibat tingginya curah hujan yang turun, kondisi penampang Sungai Kemuning yang tidak mampu menampung debit banjir yang ada, kondisi morfologi Sungai Kemuning yang berkelok-kelok, serta sistem drainasi yang sudah tidak berfungsi dengan baik. Selain itu adanya tambahan debit banjir dari masing-masing anak Sungai Kemuning juga menambah kapasitas debit banjir yang masuk ke Kota Sampang.



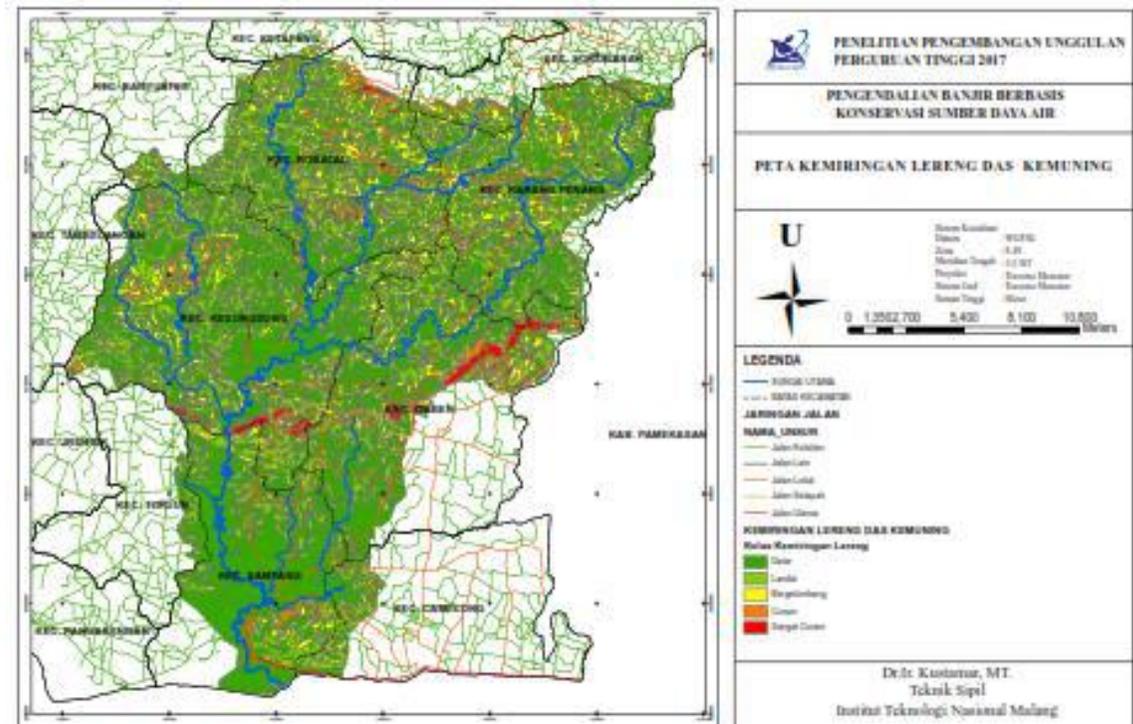
PENGGUNAAN LAHAN

Secara geologis, Kabupaten Sampang terbagi atas empat macam batuan, yaitu *alluvium*, *pliosen fasies* sedimen, *pliosen fasies* batu gamping, dan *miosen fasies* sedimen. Jenis batuan *alluvium* dan *miosen fasies* sedimen banyak dimanfaatkan masyarakat untuk tegalan. Sementara batuan *pliosen fasies* batu gamping sebagian besar dimanfaatkan untuk tambak.

Kondisi topografi DAS Kemuning bagian hulu yang curam, dengan kondisi morfologi sungai yang sempit mengakibatkan pemanfaatan air Sungai Kemuning untuk pemenuhan kebutuhan air irigasi di daerah aliran Sungai Kemuning tidak banyak dilakukan. Pemenuhan kebutuhan air irigasi pertanian dan perkebunan dan perkebunan yang ada di DAS Kemuning sepenuhnya mengandalkan hujan yang turun di DAS Kemuning.

Perkembangan permukiman penduduk terjadi di bagian tengah dan bagian hilir Sungai Kemuning. Bahkan di beberapa bagian wilayah Kota Sampang yang terletak di bagian hilir Sungai Kemuning, masyarakat membangun permukiman di daerah bantaran sungai.

NO	PENGGUNAAN LAHAN	LUAS (%)
1	Permukiman	0.8
2	Tanah Ladang	0.15
3	Pertanian Tanaman Pangan	0.15
4	Kebun	0.15
5	Hutan Produksi	0.12
6	Perikanan Tambak	0.1
7	Rumput	0.1



Peta Penggunaan Lahan

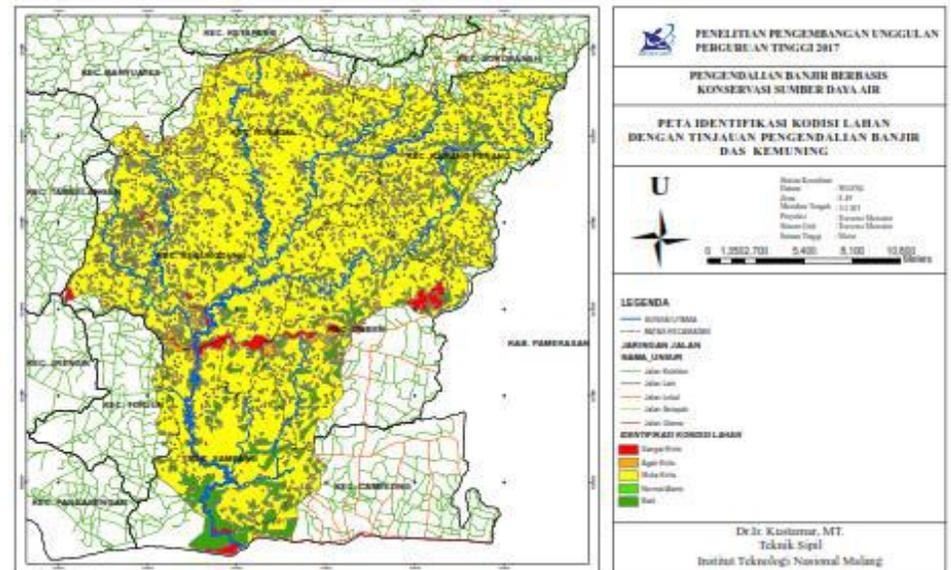
IDENTIFIKASI KONDISI LAHAN

Berbagai metode identifikasi lahan kritis telah dikembangkan sesuai dengan permasalahan dan tujuan rencana rehabilitasi lahan yang akan dilakukan, yaitu antara lain meliputi: Perhitungan Tingkat Bahaya Erosi, Penilaian Lahan Kritis, Penilaian Kemampuan Penggunaan Lahan, dan Penilaian Aspek Ekonomi. Jika masalah utama yang sedang atau telah terjadi di DAS adalah besarnya fluktuasi aliran, misalnya banjir yang tinggi dan kekeringan maka dipandang perlu untuk dilakukan penilaian tentang tingkat kekritisannya peresapan terhadap air hujan (Departemen Kehutanan, 1998). Paradigma yang digunakan ialah semakin besar tingkat resapan (infiltrasi) maka semakin kecil limpasan permukaan, sehingga debit banjir berkurang dan sebaliknya aliran dasar bertambah.

Tingkat infiltrasi ditentukan oleh: hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan kondisi penggunaan lahan. Hujan, jenis tanah, dan kemiringan lereng merupakan faktor alami, sedangkan penggunaan lahan merupakan faktor di bawah pengaruh aktifitas manusia. Masing-masing komponen diberi bobot, dan nilai akhir hasil tumpang-susun faktor alami dibandingkan dengan nilai faktor penggunaan lahan. Hasil perbandingan digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kekritisannya lahan.

Sebaran dan luas Kondisi Lahan

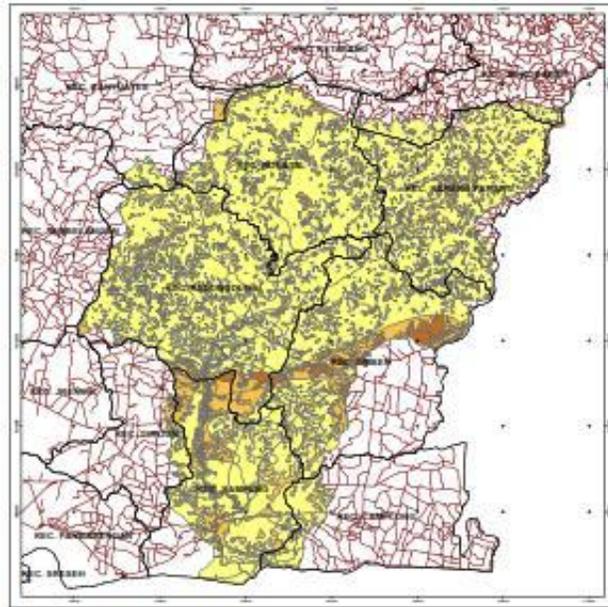
Kecamatan	Luas Per Kondisi Lahan (Ha)				
	Baik	Normal	Mulai Kritis	Agak Kritis	Sangat Kritis
Sampang	1385	6	3996	175	211
Camplong	218	0	569	0	0
Karang Penang	1050	1	5672	112	7
Kedungdung	1405	0	8432	264	357
Omben	1687	0	8154	345	499
Robatal	678	0	6315	259	40
Torjun	56	0	301	6	0
Katapang	3	0	20	3	0
Banyuates	10	0	304	58	4
Sokobana	58	0	591	11	4
Total	6550	7	34354	1233	1122



Sebaran Lokasi Kondisi Lahan

KONSERVASI VEGETATIF

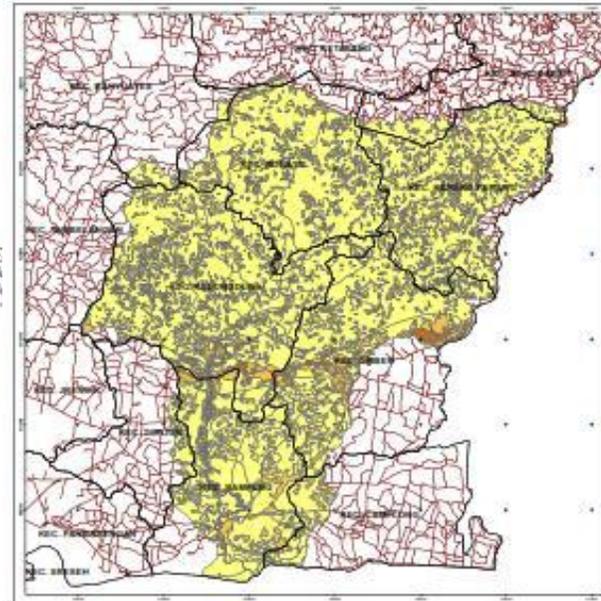
Konservasi vegetatif menjadi pilihan utama karena memiliki dampak positif yang sangat luas. Vegetasi yang tumbuh optimal akan: menghasilkan cadangan bahan pangan dan kebutuhan bahan konstruksi, oksigen, serta mampu menyerap air hujan hingga 21%. Vegetasi yang terawat dan tertata juga dapat menghadirkan keindahan dan kenyamanan, sehingga mendukung upaya penciptaan kesehatan lingkungan (Kustamar, 2013).



Peta Kesesuaian Tanaman Mangga



Peta Kesesuaian Tanaman Rumpun Gajah



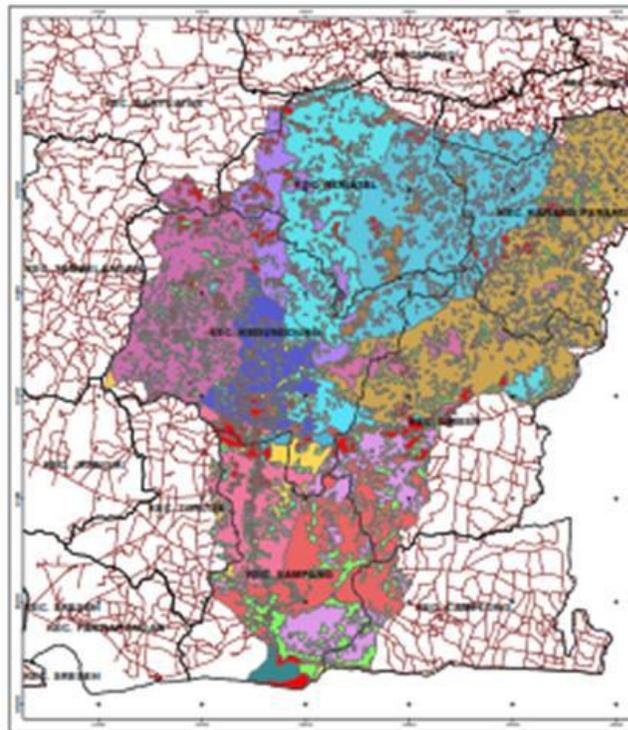
MINIMALISASI LIMPASAN PERMUKAAN DENGAN MEKANISASI LAHAN

Tindakan mekanis yang dimaksud berupa pengaturan kemiringan lahan dan arah aliran limpasan permukaan, dengan jalan pembuatan teras dan saluran drainase. Jenis teras yang sudah lazim digunakan di Indonesia ialah: teras bangku, teras gulud, teras kebun, teras kredit dan teras individu. Pembuatan saluran drainase bertujuan menampung dan mengalirkan air limpasan permukaan dengan aman hingga mencapai sungai atau sistem penerima lainnya.

Teras bangku atau teras tangga (*bench terrace*) dan teras gulud (*ridge terrace*) cocok digunakan pada lahan dengan kemiringan yang agak landai, sedangkan teras individu digunakan pada lahan berkemiringan terjal. Perundangan di Indonesia membatasi lahan layak bangun ialah lahan dengan kemiringan alam kurang dari 40%. Oleh karenanya, maka Tipe teras yang relatif banyak dikembangkan pada lahan pertanian di Indonesia adalah teras bangku dan teras gulud. (*ridge terrace*).

Biaya pembuatan Teras Bangku cukup mahal, oleh karenanya seringkali disiasati dengan pengkondisian lahan agar terbentuk teras bangku secara alami. Proses erosi dan sedimentasi, serta cara pengolahan lahan yang tepat secara berangsur dapat membentuk teras bangku yang selanjutnya disebut dengan pembuatan teras dengan jalan Teras Kredit dapat dikembangkan Teras Kredit.

Konservasi Lahan Metode Mekanis



TERASIRING



MINIMALISASI LIMPASAN PERMUKAAN DENGAN PENAMPUNGAN AIR DI ATAS PERMUKAAN

Penampungan kelebihan air di atas permukaan lahan dapat dilakukan dengan membuat kolam, baik dengan jalan menggali maupun membuat tanggul keliling, atau kombinasi galian dan tanggul. Dalam hal ini, model, desain, dan lokasinya akan sangat tergantung dari kondisi alam yang ada dan tuntutan fungsinya, serta peluang untuk mengungkit tumbuhnya ekonomi kreatif.



Check Dam



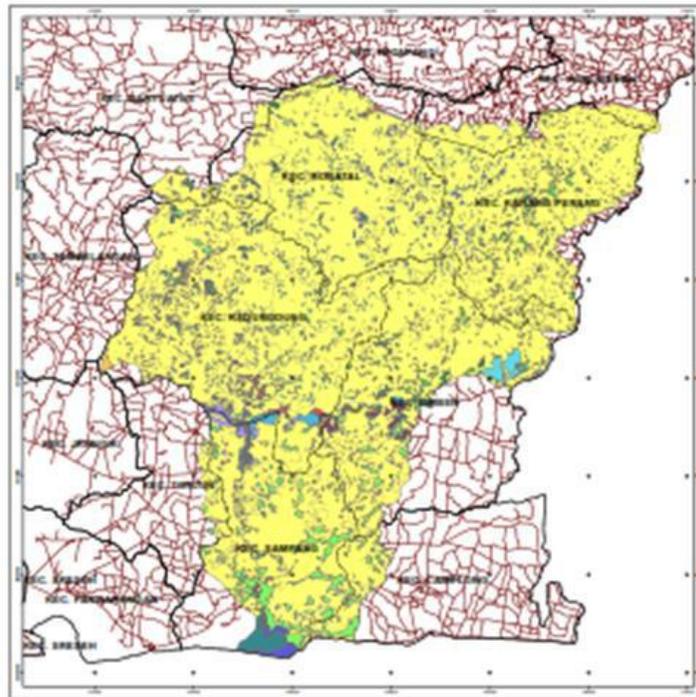
Embung

Embung

MINIMALISASI LIMPASAN PERMUKAAN DENGAN SUMUR RESAPAN

Maksimalisasi kapasitas resapan air dapat dilakukan dengan menambahkan sarana / konstruksi untuk rekayasa karakter lahan yang kurang menguntungkan. Dalam hal ini, penggunaan sumur resapan telah direkomendasikan sejak lama. Berbagai panduan dan standard desain pembuatan (SNI) telah ditetapkan. Kegiatan sosialisasi dan pendampingan juga telah ditetapkan. Bahkan, peraturan daerah telah ditetapkan, dan percontohan juga telah diberikan. Anggaran yang telah terserap untuk rangkaian kegiatan tersebut tentunya tidak sedikit. Namun demikian, pembiakan penggunaan sumur resapan belum berhasil dengan baik.

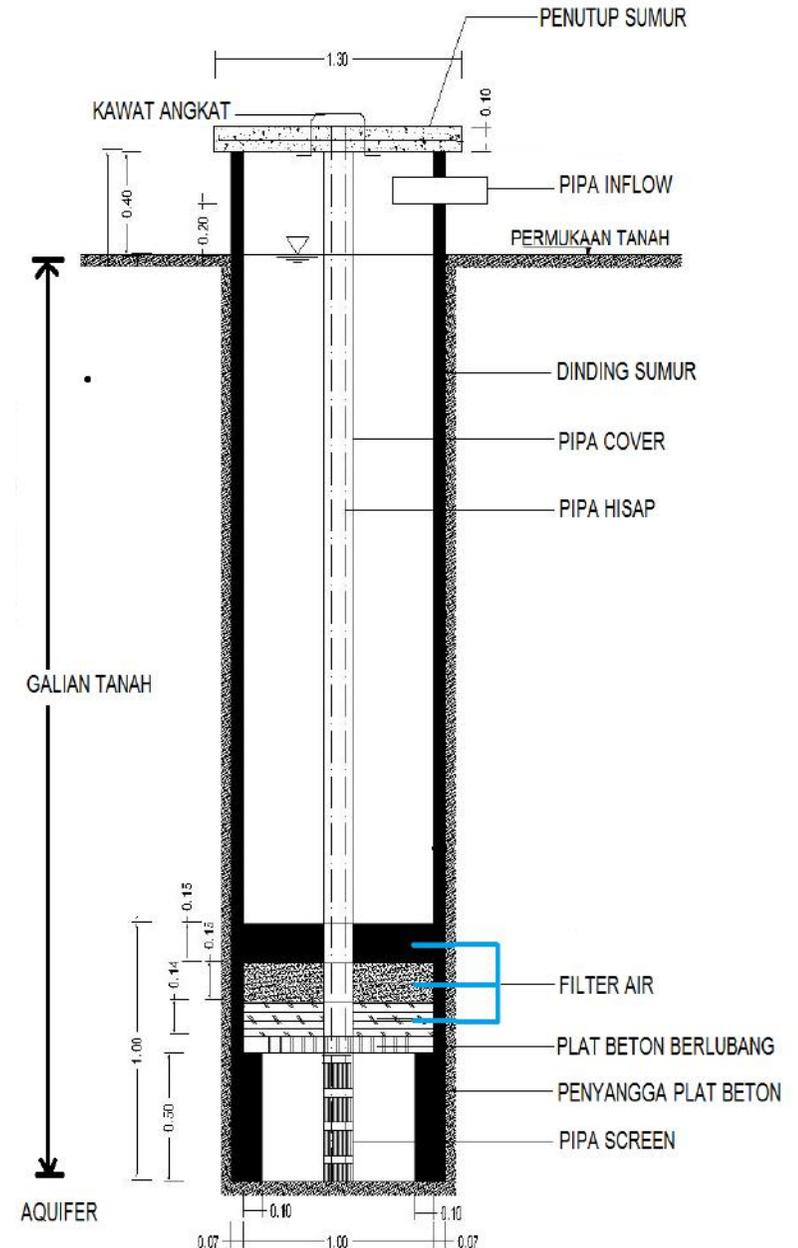
Hal ini terlihat dari tipisnya partisipasi masyarakat, sedangkan anggaran pemerintahpun juga terbatas (tidak sebanding dengan kebutuhan di lapangan). Hal ini semata-mata karena kehadiran sumur resapan belum dapat menjadi sarana peningkatan ekonomi masyarakat. Oleh karena hal tersebut, dilakukan inovasi dengan melengkapi sarana pengambilan air pada sumur resapan yang selanjutnya diberi nama **SUMUR RESAPAN FUNGSI GANDA**.



Desain Sumur Resapan Fungsi Ganda



1. Galian tanah, dengan kedalaman sampai aquifer.
2. Dinding sumur resapan untuk menjaga agar galian sumur tidak longsor.
3. Filter air, untuk kontrol kualitas air hujan yang akan diresapkan.
4. Pipa cover, dan pipa hisap untuk irigasi.
5. Dinding sumur.
6. Tutup sumur.



Efektifitas Pengendalian Debit

Untuk mengetahui tingkat efektifitas pengendalian debit setelah adanya konservasi lahan, maka dilakukan perbandingan besarnya debit banjir antara kondisi eksisting dengan setelah adanya konservasi. Hasil analisa disajikan dalam tabel berikut.

Debit Limpasan Permukaan Kondisi DAS Eksisting

KALA ULANG	SUB DAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Q2	104.57	111.71	114.12	95.56	56.25	79.51	82.19
Q5	124.32	133.15	173.81	153.11	71.22	109.27	115.28
Q10	137.22	144.68	213.32	191.21	81.14	128.97	140.00
Q20	150.13	153.42	251.23	227.76	90.65	123.23	167.32
Q50	164.64	162.19	300.29	275.07	102.95	172.33	200.95

Debit Limpasan Permukaan Kondisi DAS Setelah Konservasi Lahan

KALA ULANG	SUB DAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Q2	47.06	55.16	57.55	76.13	18.32	33.61	36.44
Q5	55.95	65.73	87.51	121.96	23.19	46.19	51.11
Q10	61.75	71.42	107.35	152.31	26.41	54.52	62.07
Q20	67.56	75.73	126.38	181.41	29.50	52.10	74.19
Q50	74.09	80.05	151.01	219.09	33.51	72.86	89.10

Debit Limpasan Permukaan Terkendali (%)

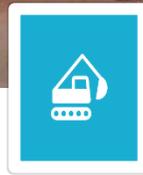
SUB DAS	1	2	3	4	5	6	7
DQ	55	51	50	20	67	58	56

Pengendalian Banjir Di Palung Sungai



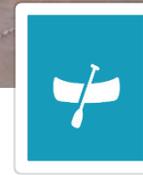
Bangunan Pengendali

Pengendalian daya rusak air dilakukan dengan mengurangi kecepatan arus, dan mengarahkan arus agar tidak menimbulkan daya rusak yang berlebih. Bangunan Check Dam cocok dibangun pada alur sungai yang memiliki kemiringan terjal, hal ini pada umumnya terjadi pada anak sungai.



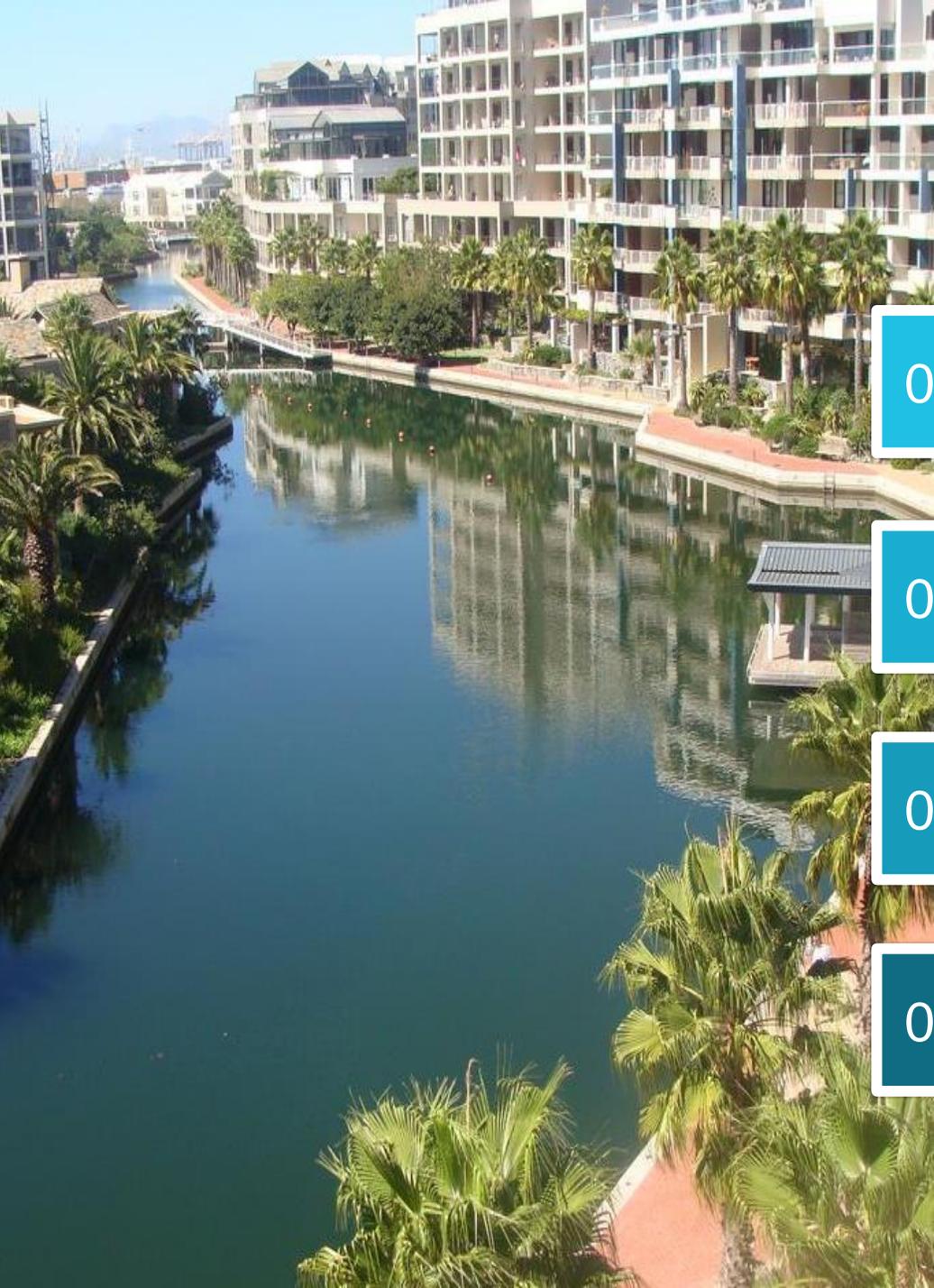
Kontrol Sedimen

Permasalahan mulai timbul mana kala kapasitas tampungan sedimen sudah penuh, sehingga fungsi kontrol yang ke-2 (mengontrol sedimentasi) terganggu. Hal ini diantisipasi dengan membuat fasilitas agar masyarakat dapat mengambil material sedimen. Untuk hal tersebut, ke depan perlu diupayakan agar Check Dam dilengkapi pintu yang dapat dioperasikan dengan sudut pandang pengkondisian transportasi sedimen.



Normalisasi Alur & Eko Wisata

Peningkatan kapasitas debit pada sungai yang mengalami pendangkalan dan penyempitan dilakukan normalisasi alur. Desain alur harus diupayakan agar mempunyai fungsi ganda, antara lain: sarana wisata air, perikanan darat, penyediaan air irigasi/ pemadam kebakaran.



Normalisasi Alur Sungai

01

Sebagai contoh, alur Sungai Kemuning dilakukan normalisasi, dengan pemasangan dinding vertical dan pengerukan dasar sungai. Sampai di sini, tujuan sebagai fungsi penyalur debit banjir sudah terpenuhi.

02

Upaya peningkatan nilai ekonomis alur sungai setelah normalisasi dilakukan dengan membuat desain dengan sentuhan arsitektur, agar dapat berfungsi maksimal. Dengan demikian, alur sungai setelah normalisasi berfungsi juga sebagai sarana wisata air.

03

Mengingat sungai Kemuning bagian hilir juga digunakan sebagai sarana lalulintas perahu, maka dalam normalisasi juga disediakan sarana tambat perahu dan terminal penumpang.

04

Pada lokasi yang memiliki pemandangan bagus dibuat sarana transit berupa Gazebo dan beberapa sarana pelengkapya, sehingga juga dibuat sarana untuk ber-swafoto.

Kondisi aliran air di muara Sungai Kemuning tergolong berjenis aliran sub-kritis, dengan kecepatan arus yang relative lamban. Hal ini terjadi karena elevasi dasar sungai sangat rendah, bahkan di bawah elevasi muka air rerata. Pada saat muka air laut pasang, aliran air mengalami pembendungan dan berdampak timbulnya aliran air balik (*back water*) yang pengaruhnya hingga mencapai kawasan Kota Sampang.

Lambatnya arus air mengakibatkan terjadinya sedimentasi di muara, sehingga kemiringan dasar sungai semakin landai. Kondisi ini tentu harus ditangani, karena menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir rutin di Kota Sampang. Berbagai referensi memberikan arahan alternative dalam hal ini, yaitu: penggunaan pintu air pasang yang dikombinas dengan tampungan sementara dan pompa.



Gambar 9. Tim Peneliti

Muara sungai Kemuning digunakan sebagai pelabuhan, yang masih aktif melayani masyarakat yang bepergian ke pulau sekitar. Aktifitas transportasi dengan perahu kecil, dilakukan penduduk mulai dari pelabuhan hingga kawasan kota Sampang. Oleh karena pemanfaatan muara sungai Kemuning sangat intensif, maka dalam penanganan penanggulangan banjir harus dilakukan dengan melibatkan masyarakat.

Tanggul sepanjang muara sungai Kemuning ditumbuhi mangrove yang sangat lebat, dan sangat potensial jika digunakan sebagai sarana wisata untuk membangun tumbuhnya ekonomi kreatif. Untuk memetakan kondisi dan potensi muara sungai kemuning telah dilakukan pengamatan dan pengukuran oleh tim peneliti. (Gambar 9).

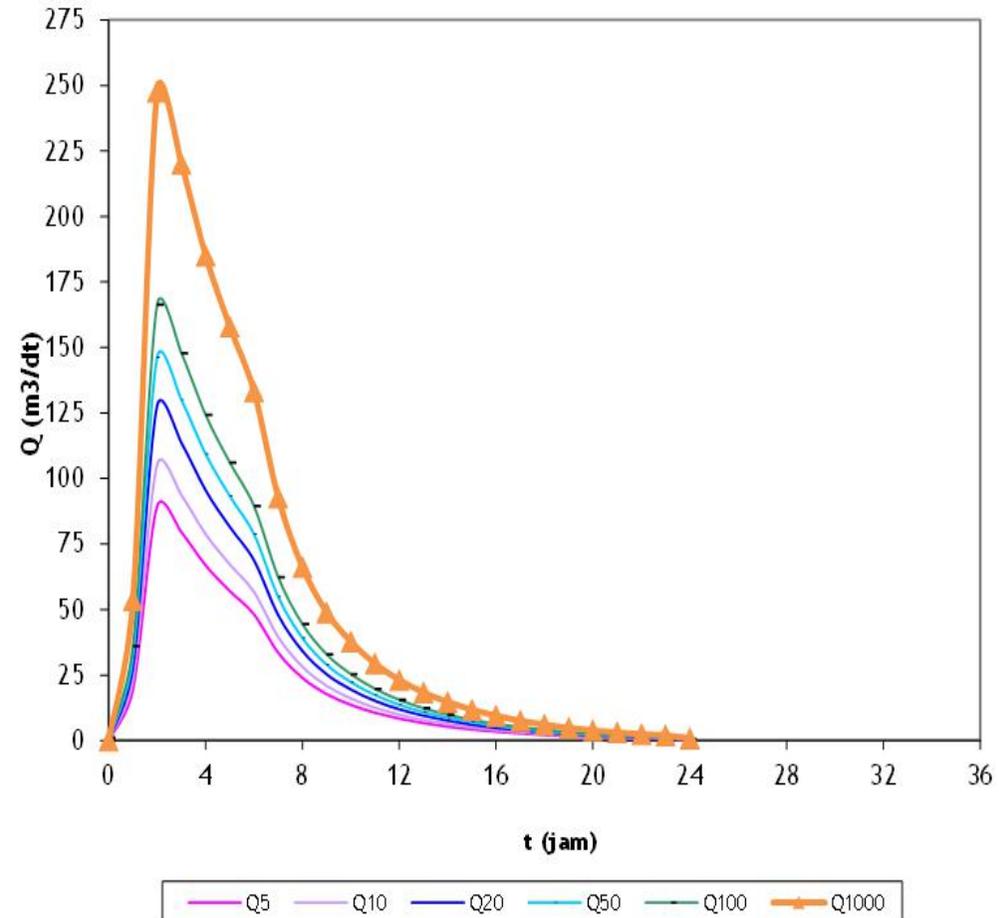
Analisa Hidrologi DAS Kali Kemuning

Debit banjir yang harus disalurkan diprediksi berdasarkan hasil analisa alih ragam hujan menjadi debit, menggunakan model Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Rerata hujan daerah dihitung menggunakan metode Polygon Thiessen. Hasil analisa debit banjir dicantumkan pada tabel dan gambar berikut.

Tabel ...; Debit Banjir Rancangan

No	Waktu (jam)	UH (m ³ /dt/mm)	DEBIT BANJIR					
			Q5 (m ³ /dt)	Q10 (m ³ /dt)	Q20 (m ³ /dt)	Q50 (m ³ /dt)	Q100 (m ³ /dt)	Q1000 (m ³ /dt)
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1	0.62	19.39	22.84	27.71	31.72	36.06	53.70
3	2	2.68	89.46	105.38	127.83	146.31	166.37	247.73
4	3	1.72	79.54	93.69	113.65	130.09	147.92	220.25
5	4	1.10	66.88	78.78	95.56	109.38	124.37	185.19
6	5	0.75	57.06	67.21	81.53	93.32	106.11	158.00
7	6	0.56	48.15	56.71	68.80	78.74	89.54	133.32
8	7	0.41	33.51	39.48	47.89	54.81	62.32	92.80
9	8	0.31	23.91	28.16	34.16	39.10	44.46	66.20
10	9	0.23	17.69	20.84	25.28	28.94	32.90	48.99
11	10	0.19	13.62	16.04	19.46	22.27	25.33	37.71
12	11	0.15	10.60	12.49	15.15	17.34	19.72	29.36
13	12	0.12	8.34	9.82	11.92	13.64	15.51	23.09
14	13	0.10	6.63	7.81	9.47	10.84	12.33	18.36
15	14	0.08	5.31	6.25	7.58	8.68	9.87	14.69
16	15	0.06	4.25	5.00	6.07	6.94	7.90	11.76
17	16	0.05	3.40	4.00	4.85	5.56	6.32	9.41
18	17	0.04	2.72	3.20	3.88	4.45	5.06	7.53
19	18	0.03	2.18	2.56	3.11	3.56	4.05	6.02
20	19	0.03	1.74	2.05	2.49	2.85	3.24	4.82
21	20	0.02	1.39	1.64	1.99	2.28	2.59	3.86
22	21	0.02	1.11	1.31	1.59	1.82	2.07	3.09
23	22	0.01	0.89	1.05	1.27	1.46	1.66	2.47
24	23	0.01	0.71	0.84	1.02	1.17	1.33	1.98
25	24	0.00	0.31	0.37	0.44	0.51	0.58	0.86

Hidrograf Banjir Berbagai Kala Ulang DAS Kali Kemuning



Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika sungai Kemuning bertujuan untuk menganalisa kemampuan sungai Kemuning dalam menampung dan menyalurkan debit banjir. Dalam analisa ini di gunakan program HEC-RAS untuk mengetahui kinerja sungai Kemuning dalam menyalurkan debit banjirnya. Proses analisa dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Pengimputan data geometri sungai Kemuning,
2. Pengimputan data hidrograf debit banjir rencana dengan berbagai rencana kala ulang,
3. Pengimputan data pasang surut air laut,
4. Koefisien kekasaran dasardan dindning sungai,
5. Running program.

Analisa hidrolika menghasilkan gambar potongan memanjang dan melintang profil elevasi muka air, yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengevaluasi status kondisi sungai, banjir atau tidak. Status banjir diberikan manakala elevasi muka air sungai lebih tinggi dari elevasi tanggul, setelah dikurangi tinggi jagaan. Sebagai kondisi batas huku digunakan hidrograf debit banjir, kondisi awal adalah aliran adsar, sedangkan kondisi batas hilir adalah elevasi muka air laut. Karena hilir sungai Kemuning terpengaruh pasang surut, maka dalam analisa ini kondisi batas hilir digunakan elevasi muka air pasang surut fungsi waktu.

Data geometri sungai didasarkan hasil pengukuran topografi, dengan sebaran titik lokasi sebagai berikut:

Alur Sungai Kemuning



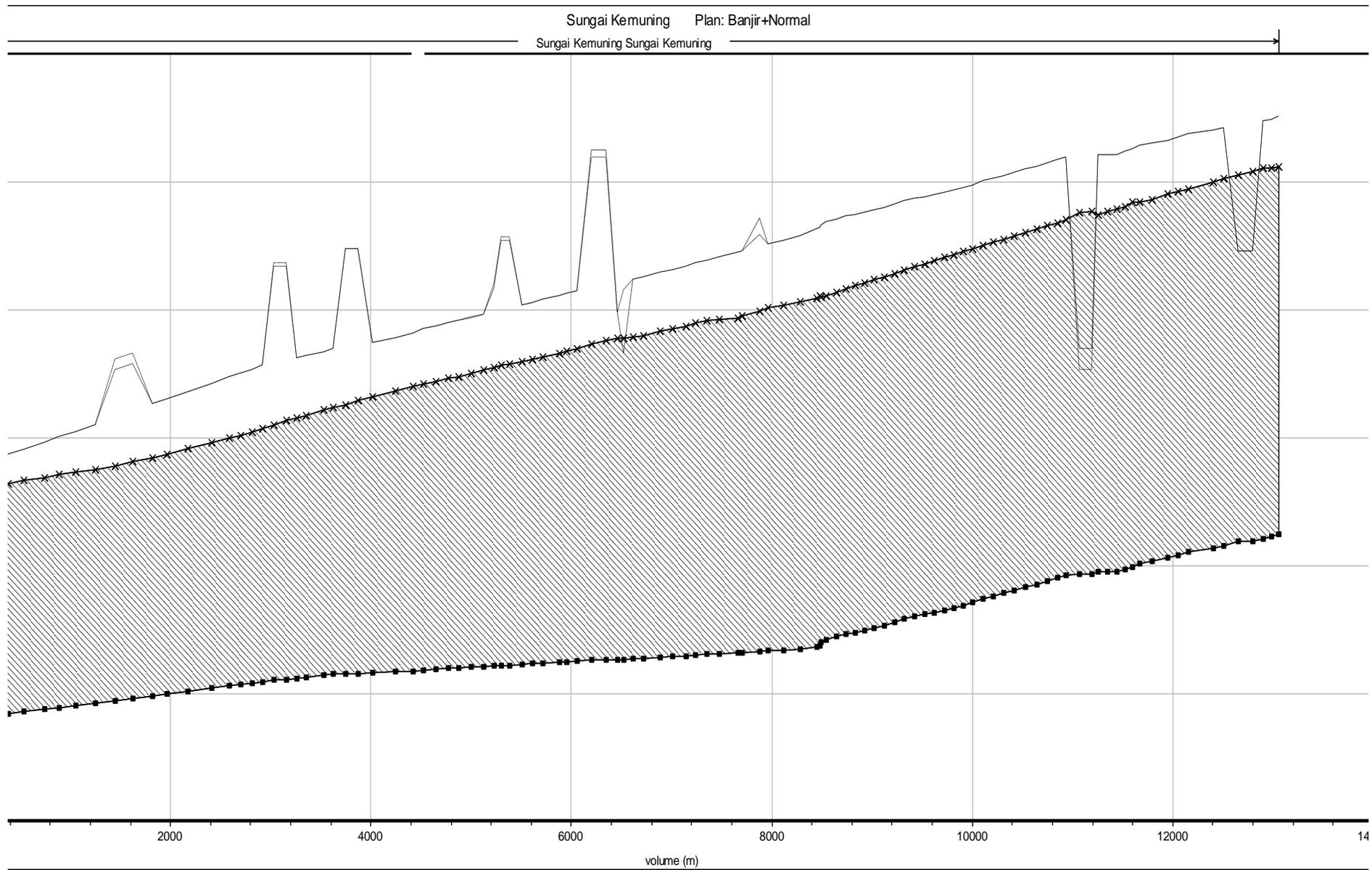
© 2018 Google

Google Earth

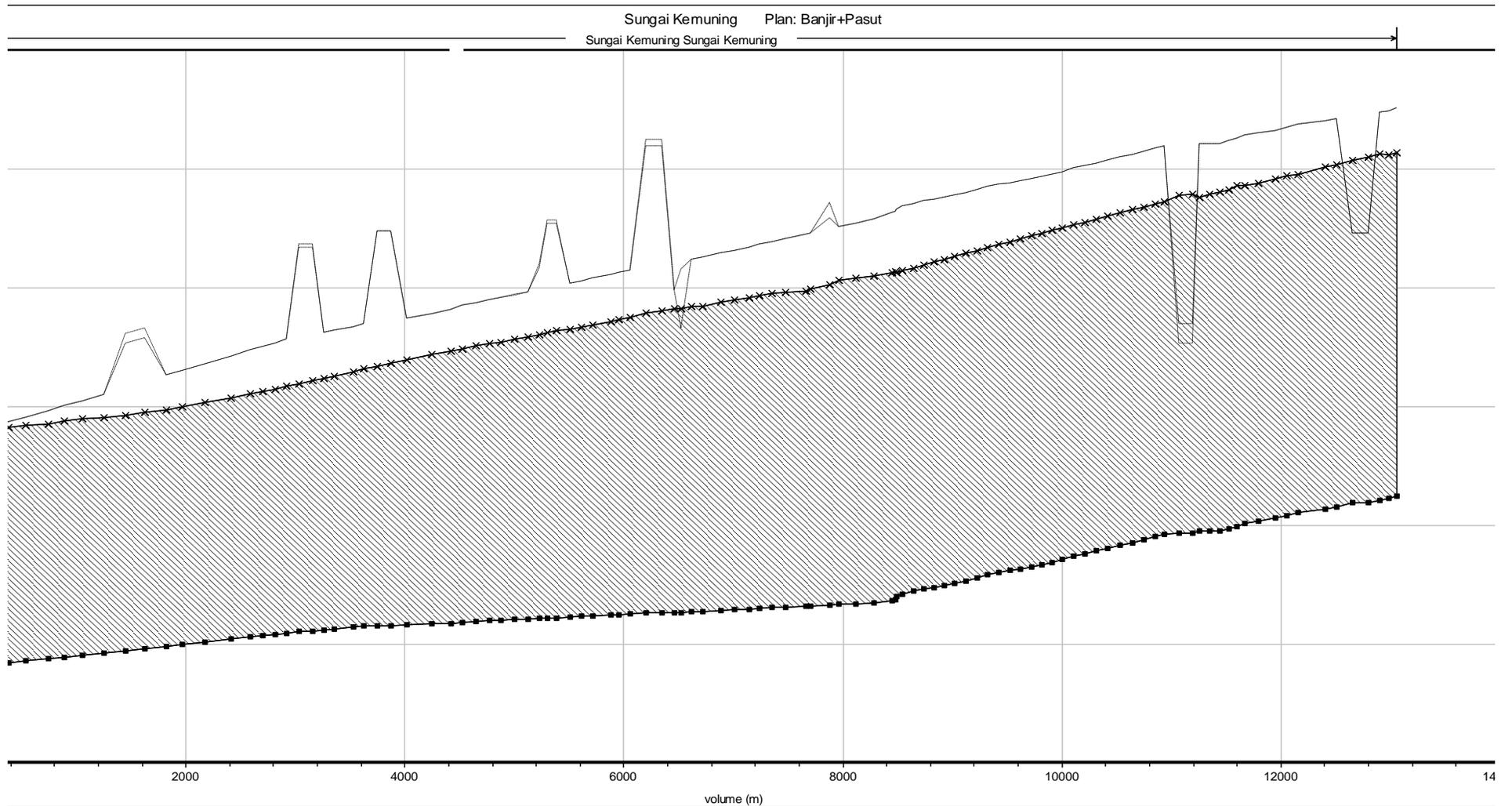
Normalisasi Alur Sungai Yang Sudah Dilaksanakan



Gambar ... Profil Muka Air Dengan batas hulu Hidrograf Debit Banjir Q_{2Th} , dan Batas Hilir Elevasi Normal

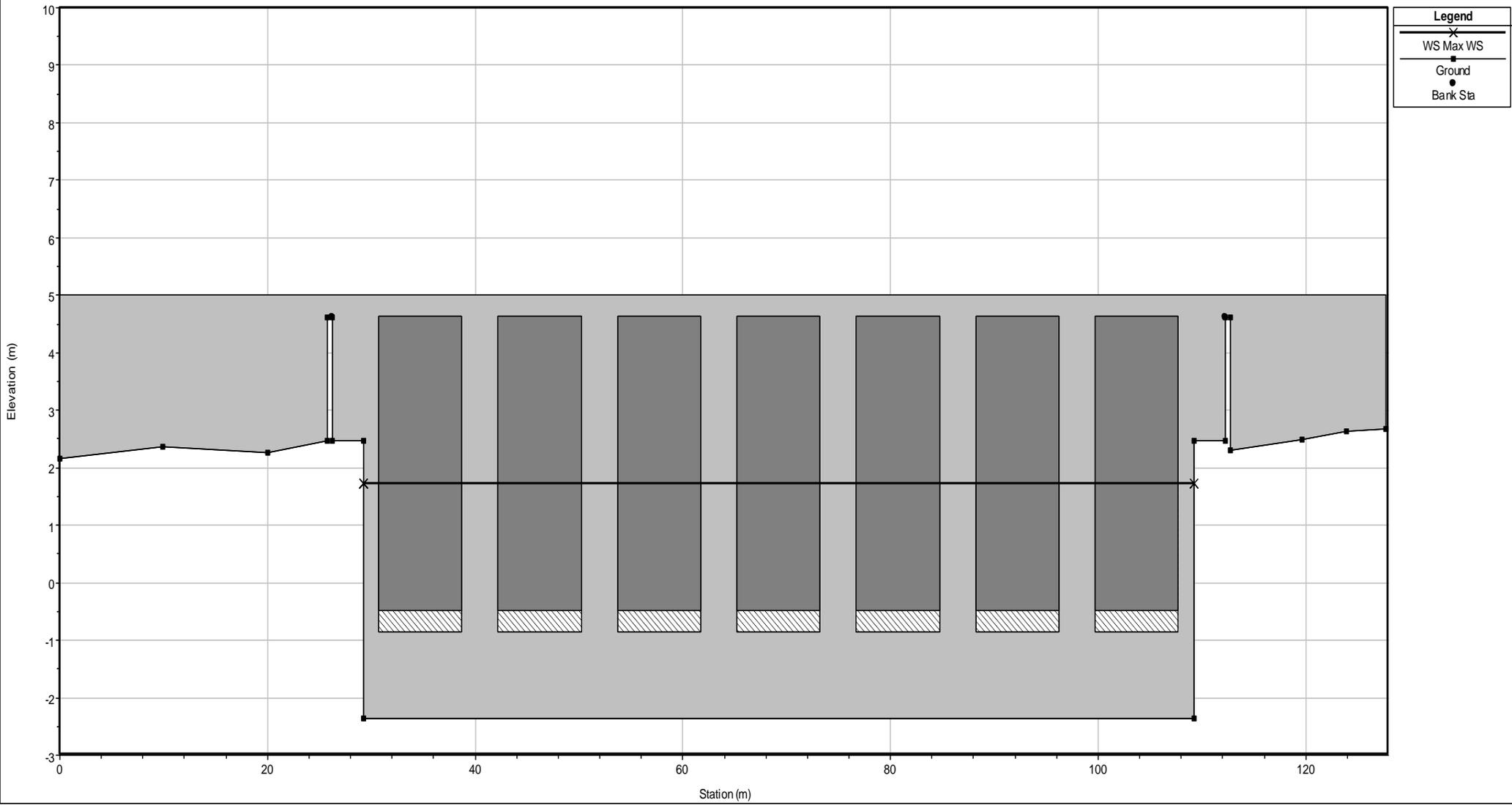


Gambar ... Profil Muka Air Dengan batas hulu Hidrograf Debit Banjir Q_{2Th} , dan Batas Hilir Elevasi Pasang-Pasut



Profil muka air pada Pintu

Sungai Kemuning Plan: Normal+Pintu





5

Pelibatan
Masyarakat



Pengembangan Eko wisata

Alternatif upaya pelibatan masyarakat, baik dalam bentuk individu maupun kombinasi harus direncanakan dengan baik dan bijaksana. Perencanaan yang baik akan menghasilkan desain yang manfaatnya maksimal. Sedangkan kebijakan, diperlukan untuk mengkondisikan tumbuhnya efisiensi dan keberlanjutan. Dalam hal ini, partisipasi masyarakat harus digalang mulai dari pada saat proses perencanaan, pelaksanaan, sampai operasionalnya.

Masyarakat merupakan unsur utama dari pelaku konservasi SDA, oleh karenanya efektifitas dan keberhasilan dari setiap kegiatan konservasi sangat dipengaruhi seberapa tinggi tingkat keterlibatannya. Mayoritas kondisi masyarakat di Indonesia dalam kegiatan ekonomi sehari-hari masih dalam tahap memenuhi kebutuhan hidupnya, sehingga kegiatan konservasi juga harus diupayakan dalam bentuk pemberdayaan masyarakat.

Upaya melibatkan masyarakat semakin digeser ke upaya pemberdayaan masyarakat, sehingga keberhasilan konservasi juga diukur dengan peningkatan pendapatan penduduk setempat. Kegiatan parsial dalam bentuk proyek percontohan pada akhirnya diperbaiki dengan upaya yang lebih mengedepankan kebersamaan, yaitu pembentukan desa konservasi. Berbagai bentuk desa konservasi telah dikembangkan oleh berbagai instansi, sesuai dengan tujuan dan konsepnya. Oleh karena hal tersebut perlu adanya penelitian tentang pengembangan model desa konservasi.

Upaya peningkatan nilai ekonomis alur sungai setelah normalisasi dilakukan dengan membuat desain dengan sentuhan arsitektur, agar secara berfungsi maksimal. Dengan demikian, alur sungai setelah normalisasi berfungsi juga sebagai sarana wisata air. Mengingat sungai Kemuning bagian hilir juga digunakan sebagai sarana lalu lintas perahu, maka dalam normalisasi juga disediakan sarana tambat perahu dan terminal penumpang. Aktifitas penduduk berperahu tersebut dimanfaatkan sebagai bagian dari kegiatan wisata berperahu. Untuk hal ini, direncanakan adanya terminal penumpang.

Pada lokasi yang memiliki pemandangan bagus dibuat sarana transit berupa Gazebo dan beberapa sarana pelengkapannya, sehingga juga dibuat sarana untuk berfoto. Pada lokasi yang memiliki pemandangan bagus dibuat sarana transit berupa Gazebo dan beberapa sarana pelengkapannya, sehingga juga dibuat sarana untuk ber-swafoto.





Pemanfaatan Alur Sungai Kemnuning bagian hilir sebagai sarana transportasi, dalam hal ini digunakan perahu. Dalam gambar terlihat fasilitas tambatan Perahu yang dibuat sangat sederhana.



Desain Rencana Tambatan Perahu (1)





Desain Rencana Tambatan Perahu (2)





Desain Rencana Tambatan Perahu (3)





Pemberhentian Perahu di Hilir Sungai (1)





Pemberhentian Perahu di Hilir Sungai (2)





Pemberhentian Perahu di Hilir Sungai (3)





Pemberhentian Perahu di Hilir Sungai (4)





Pemberhentian Perahu di Hilir Sungai (5)





Pemberhentian Perahu di Hilir Sungai (6)





Tempat istirahat (1)





Tempat istirahat (2)



Hasil Uji Coba Produk

Uji Coba Model Pengendalian Limpasan Permukaan dengan Konservasi Lahan.

Uji coba dilakukan dalam bentuk forum diskusi grup, saat penelitian memasuki tahun II. Rapat dilaksanakan di kantor dan atas bantuan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sampang. Konsep dan Peta hasil identifikasi kondisi lahan, dan kesesuaian lahan, sangat sesuai dengan kondisi lapangan, sehingga digunakan sebagai masukan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sampang dalam menyusun program dan kegiatan lanjutannya. Saran perbaikan, berupa penambahan alternatif jenis tanaman yang dapat dipilih dalam konservasi vegetatif. Penambahan sudah dilakukan, dan hasil penelitian diserahkan ke Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sampang.

Uji Coba Model Penguatan Penggunaan Long Storage Dalam Pengendalian Banjir dengan Eko Wisata.

Uji coba dilakukan pada saat penelitian berjalan pada tahun III, dalam sesi akhir analisa data dan pembahasan. Rapat dilakukan pada Forum Diskusi yang dihadiri oleh Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Pariswisata, Dinas PUPR. Rekomendasi forum ialah: Perlunya diperbanyak ilustrasi objek untuk lokasi swa-foto. Perbaikan sudah dilakukan, dan hasilnya dikirim untuk masukan pada Dinas Lingkungan Hidup dan Dinas Pariwisata.

Daftar Pustaka

- [1]. Mizun Bariroh Anis, Soehardjono, Ussy Andawayanti (2017). **Kolam Tampungan Sebagai Bangunan Pengendali Genangan Di Kecamatan Sampang**. Jurnal Teknik Pengairan, Volume 8, Nomor 1, Mei 2017, hlm 39-47.
- [2]. Jansen Luis, Lariyah Mohd Sidek, Mohamed Nor Bin Mohamed Desa, and Pierre Y. Julien (2013). **Hydropower Reservoir For Flood Control: Acase Study On Ringlet Reservoir, Cameron Highlands, Malaysia**. Journal Of Flood Engineering 4(1) January –June. 2013; pp. 87–102.
- [3]. Nanik Suryo Haryani, Any Zubaidah, Dede Dirgahayu, Hidayat Fajar Yulianto, dan Junita Pasaribu (2012). **Flood Hazard Model Using Remote Sensing Data In Sampang District**. Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 9 No. 1 Juni 2012 : 52-66
- [4]. Kustamar, Liliyana Susana Dewi, Nainggolan, T.H., Witjaksono. A., Lily Montarcih L. (2017). **Development Of The Conservative Village Model In The Upstream Brantas River**. International Journal of GEOMATE, Oct., 2018 Vol.15, Issue 50, pp. 182 - 188 | SSN : 2186- 2982 (P), 2186- 2990 (O), Japan, DOI : <https://doi.org/10.21660/2018.50.32375> Special Issue on Science , Engineering & Environment
- [5]. Burhan Farid, Tyas Ilhami, Fahmi F. (2007). **Kajian Unit Resapan Dengan Lapisan Tanah dan Tanaman Dalam Menurunkan Limpasan Permukaan** . Berkala Ilmiah Keairan, Vol.3 No. 4.
- [6]. Hutapea, S. 2012. **Kajian Konservasi DAS Deli Dalam Upaya Pengendalian banjir Kota Medan**. Disertasi. Program Pascasarjana, Fakultas Pertanian, UGM, 2012.
- [7]. Kustamar, Liliyana Susana Dewi, Nainggolan, T.H., Witjaksono. 2018. **Pengendalian Limpasan Permukaan**. Mitra Gajayana. Malang.
- [8]. Dimaz Pradana Putra, Suharyanto , Hari Nugroho. 2014. **Perencanaan Normalisasi Sungai Beringin Di Kota Semarang**. Jurnal Karya Teknik SIPIL, Volume 3, Nomor 4, Tahun 2014
- [9]. Randy Adlyatma. 2013. **Studi Normalisasi Sungai Kemuning Dalam Penanggulangan Banjir Di Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan**. Jurnal Rekayasa Sipil / Vol 1 No 1- Februari 2013 Issn 2337-7720
- [10]. Kustamar, Fourry Handoko and Aryuanto Soetedjo (2018). **Flood Control Strategy In Sampang City, East Java, Indonesia**. International Journal of GEOMATE, Desc, 2018, Vol.15, Issue 52