

## **PENERAPAN BIO-ENGINEERING DAN SISTEM URUG PERKUATAN WADAH GENERIK (SUPWG) BERWAWASAN LINGKUNGAN DALAM RANGKA RESTORASI SUNGAI DI WILAYAH SUNGAI CIMANUK-CISANGGARUNG**

**Dwi Agus Kuncoro**  
BBWS Cimanuk-Cisanggarung Cirebon  
E-mail: [captenjono90@gmail.com](mailto:captenjono90@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Perubahan iklim global semakin terasa dengan hadirnya fenomena hujan ekstrim di beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan ekstrim ini yang menyebabkan aliran banjir di sungai semakin ganas, sehingga menimbulkan beberapa lokasi kritis sungai seperti : tanggul jebol, tebing sungai mengalami erosi/longsor dan lainnya. Meningkatnya jumlah lokasi kritis sungai di Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung dari Tahun 2012 berjumlah 350 lokasi menjadi 600 lokasi di Tahun 2016 serta keterbatasan ketersediaan dana, mendorong BBWS Cimanuk- Cisanggarung untuk melakukan inovasi dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Salah satu inovasi yang dilakukan, yaitu : penerapan *bio-engineering* dan sistem urug perkuatan wadah generik (SUPWG) berwawasan lingkungan. Maksud tulisan ini, yaitu untuk memberikan alternative lain dalam penanganan lokasi kritis sungai yang berwawasan lingkungan serta mempunyai kekuatan yang memadai sesuai ketersediaan dana. Adapun tujuannya, yaitu : membuat teknologi baru yang dapat penyelesaian masalah di lokasi kritis sungai, dimana teknologi tersebut dapat juga dilaksanakan secara mandiri oleh masyarakat dan komunitas peduli sungai. Pada awalnya BBWS Cimanuk-Cisanggarung menerapkan bio-engineering dengan mengacu pada literature yang ada. Di awal Tahun 2017 sudah terbuat penanganan bio-engineering di 2 lokasi, yaitu : di Sungai Cigora Kabupaten Brebes dan di S Jengkelok Kab Kuningan. Sekarang sudah diimplementasikan bio-engineering di Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung sebanyak 12 lokasi. Melihat evaluasi penerapan bio-engineering yang sudah dilakukan, yaitu bahwa bio- engineering sangat cocok dilakukan pada lokasi yang mempunyai karakteristik sebagai berikut : 1. Kecepatan aliran banjir maksimal 2 m/dt, 2. Aliran banjir membawa sedimen, dan 3. Tanaman bambu yang ditanam kedalam tanah minimal 1/3 dari panjang total batang bambu. Melihat keterbatasan ini maka selanjutnya dilakukan inovasi berikutnya, yaitu dengan membuat Sistem Urug Perkuatan Wadah Generik (SUPWG) berwawasan lingkungan. Teknologi SUPWG ini diturunkan dari teknologi SUPW temuan John Wirawan. Ada 3 tipe SUPWG, yaitu : SUPWG tipe premium, SUPWG tipe medium dan SUPWG tipe ekonomi. Dari ketiga tipe tersebut dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu : SUPWG yang permanen (ke-3 tipe SUPWG) dan SUPWG yang bisa dengan system knock down (SUPWG tipe premium dan medium). Prinsip dari teknologi SUPWG ini adalah membuat wadah di tepi tebing sungai sebagai tempat tumbuh kembangnya tanaman konservasi tebing sungai hingga tumbuh kuat, untuk memperkuat tebing sungai dan memberikan kekasaran tebing sungai sehingga aliran banjir tidak cepat mengalir ke hilir. Biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan SUPWG tipe ekonomi berkisar sebesar Rp 500.000,00/m<sup>3</sup> sampai Rp 600.000,00/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk SUPWG tipe medium berkisar antara Rp 1.300.000,00/m<sup>3</sup> sampai Rp 1.400.000,00/m<sup>3</sup>, adapun untuk SUPWG tipe premium berkisar antara Rp 1.500.000,00/m<sup>3</sup> sampai Rp 1.600.000,00/m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** *bio-engineering*, SUPWG, teknologi baru, lokasi kritis sungai, dapat dilaksanakan secara mandiri, system permanen dan sistem *knock down*

## PENDAHULUAN.

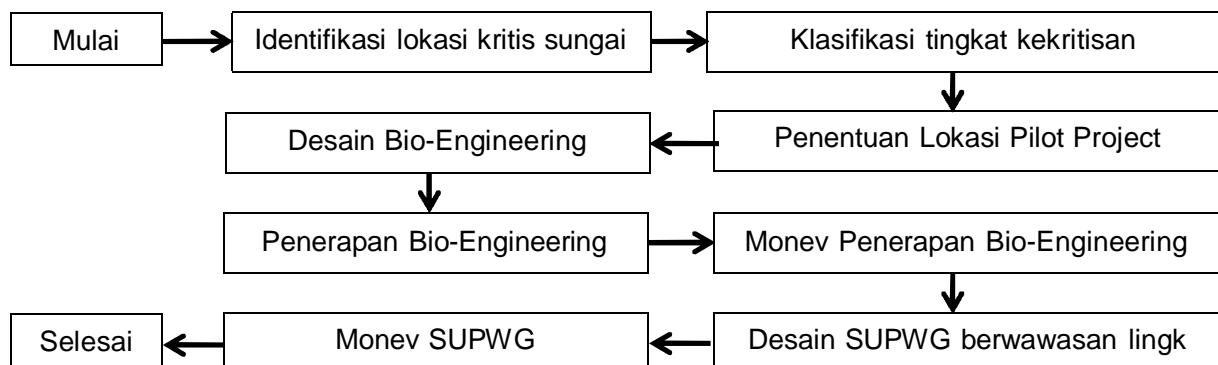
### Latar Belakang

Perubahan iklim global semakin terasa dengan hadirnya fenomena hujan ekstrim di beberapa Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan ekstrim ini yang menyebabkan aliran banjir di sungai semakin ganas, sehingga menimbulkan beberapa lokasi kritis sungai seperti : tanggul jebol, tebing sungai mengalami erosi/longsor dan lainnya. Meningkatnya jumlah lokasi kritis sungai di Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung dari Tahun 2012 berjumlah 350 lokasi menjadi 600 lokasi di Tahun 2016 serta keterbatasan ketersediaan dana, mendorong BBWS Cimanuk-Cisanggarung untuk melakukan inovasi dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Salah satu inovasi yang dilakukan, yaitu : penerapan bio-engineering dan system urug perkuatan wadah generic (SUPWG) berwawasan lingkungan.

### Maksud dan Tujuan

Maksud tulisan ini, yaitu untuk memberikan alternative lain dalam penanganan lokasi kritis sungai yang berwawasan lingkungan serta mempunyai kekuatan yang memadai sesuai ketersediaan dana. Adapun tujuannya, yaitu : membuat teknologi baru yang dapat menyelesaikan masalah di lokasi kritis sungai, dimana teknologi tersebut dapat juga dilaksanakan secara mandiri oleh masyarakat dan komunitas peduli sungai.

## METODE



Gambar 1. Diagram alir penerapan bio-engineering dan SUPWG

## HASIL

### 1. Bio-Engineering



**Gambar 2.** *Bio-Engineering Tipe 1 (Bio-Tanggul), lokasi di Sungai Cijangkelok Desa Citenjo Kecamatan Cibingbin Kabupaten Kuningan*



**Gambar 3.** *Kondisi awal konstruksi bio-tanggul terpasang*



**Gambar 4.** *Kondisi eksisting bio-tanggul*



**Gambar 5.** *Bio-Engineering Tipe 2 (Bio-Talud), lokasi di Sungai Cigora Desa Cigora Kecamatan Banjarharjo Kabupaten Brebes*



**Gambar 6.** *Kondisi awal konstruksi bio-talud terpasang*



**Gambar 7.** *Kondisi eksisting bio-talud*

**Tabel 1. Rencana Biaya Anggaran Pembuatan Bio-Engineering**

NO	URAIAN	SAT.	BREBES 2017	BREBES 2017
			BELUM PPN	SUDAH PPN
			Rp.	Rp.
	(2)	(3)	(4)	(4)
<b>A</b>	<b>HARGA UPAH</b>			
1	Pekerja	Hari	60.000	-
2	Tukang	Hari	76.000	-
3	Kepala Tukang	Hari	84.000	-
4	Mandor	Hari	89.000	-
5	Juru Ukur	Hari	112.000	-
6	Pembantu Juru Ukur	Hari	76.000	-
<b>B</b>	<b>HARGA BAHAN AGREGAT KASAR, BAHAN PEREKAT &amp; BAHAN JADI</b>			
1	Tanah Urug	M3	88.900	97.790
2	Pasir Urug	M3	88.900	97.790
3	Sirtu	M3	130.800	143.880
4	Pasir Pasang	M3	174.100	191.510
5	Batu Kali/Batu Belah	M3	196.700	216.370
6	Tali Rapia	Kg	20.000	22.000
7	Seseg bambu	M2	8.400	9.240
8	Karung	Buah	3.000	3.300
<b>C</b>	<b>BAHAN KAYU BERIKUT BAHAN JADINYA</b>			
1	Bambu $\Phi$ 7-10	M'	5.220	5.742
2	Dolken 8-10	M'	5.800	6.380
3	Dolken 12	M'	9.400	10.340
<b>D</b>	<b>BAHAN LOGAM DAN BAHAN JADINYA</b>			
1	Kawat Pengikat (Bindrad)	Kg	17.200	18.920
2	Kawat Bronjong 4 mm	Kg	11.500	12.650
3	Kawat Bronjong 3 mm ( 2x1x0,5 Pabrikasi )	Unit	330.000	363.000
<b>E</b>	<b>BAHAN PAKU DAN HUR BAUT</b>			
1	Paku 8 cm s/d 12 cm	Kg	13.600	14.960
2	Paku payung Asbes	Kg	31.400	34.540
<b>D</b>	<b>BAHAN LOGAM DAN BAHAN JADINYA</b>			
1	Tripod	Hari	75.000	-
2	Alat Pancang	Hari	300.600	-

## 2. SUPW Generik Berwawasan Lingkungan



**Gambar 8.** Pemasangan SUPW Generik tipe medium dan tipe ekonomi berwawasan lingkungan untuk perkuatan tebing sungai

**a. SUPW Generik Tipe Ekonomi**

Adalah wadah perkuatan dengan frame rangka utama menggunakan bambu dan perkuatan ikatan ruang diagonal menggunakan kawat/tali ijuk dan pengunci sambungan dengan menggunakan baut besi/baja.

Spesifikasi :

- Rangka bambu
- Ikatan diagonal kawat/tali ijuk
- Pengunci baut baja
- Dimensi panjang x tinggi = 2 m x 1 m
- Dimensi batang tarik 2-4 m



**Gambar 9.** Satu set panel SUPW Generik Tipe Ekonomi.

**Tabel 2.** Rencan Anggaran Biaya SUPW Generik Tipe Ekonomi

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)	
<b>A TENAGA</b>							
1	Pekerja		OH	14.160	60,000.00	849,600.00	
2	Tukang Kayu		OH	8.360	76,000.00	635,360.00	
3	Kepala Tukang Kayu		OH	0.836	84,000.00	70,224.00	
4	Mandor		OH	0.586	89,000.00	52,154.00	
<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>					<b>6</b>	<b>JUMLAH HARGA</b>	<b>1,607,338.00</b>
<b>B BAHAN</b>							
1	Bambu Ø 10		m1	8.000	6,500.00	52,000.00	
2	Bambu Ø 6-8		m1	8.000	4,500.00	36,000.00	
3	Bambu Ø 5		m1	4.000	4,500.00	18,000.00	
4	Gribig Bambu Polos		m2	4.000	8,000.00	32,000.00	
5	Paku Payung		kg	0.100	25,700.00	2,570.00	
6	Kawat		kg	1.000	21,000.00	21,000.00	
7	Mur dan Baud 12 X 20MM		buah	12.000	18,000.00	216,000.00	
8							
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>						<b>377,570.00</b>	
<b>C PERALATAN</b>							
1	Pahat Kayu		buah	0.024	150,000.00	3,600.00	
2	Cangkul		buah	0.100	67,700.00	6,770.00	
3	Linggis		buah	0.100	70,700.00	7,070.00	
4							
2							
<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>						<b>17,440.00</b>	
<b>D Jumlah (A+B+C)</b>						<b>2,002,348.00</b>	
<b>E Overhead &amp; Profit (15 %)</b>						<b>15% x D (maksimum)</b>	
<b>F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)</b>						<b>2,002,348.00</b>	
<b>G Pembulatan Harga Satuan Pekerjaan</b>						<b>2,002,348.00</b>	
<b>B. Rincian Pekerjaan</b>				<b>TOTAL BIAYA PER M<sup>2</sup> =</b>		<b>500,587.00</b>	
- Penggalian Tanah							
- Pembuatan Panel Bambu							
- Pembuatan Batang Tarik dkk							
- Pengurugan Tanah Kembali							

**b. SUPW Generik Tipe Medium**

Adalah wadah perkuatan dengan frame rangka utama menggunakan Baja Canal dan perkuatan ikatan ruang diagonal menggunakan besi/baja dan pengunci sambungan dengan menggunakan baut besi/baja.

Spesifikasi :

- Rangka baja canal
- Panel berisi bahan-bahan yang mudah didapati di sekitar lokasi pemasangan
- Ikatan diagonal besi
- Pengunci baut baja
- Dimensi panjang x tinggi = 2 m x 1 m
- Dimensi batang tarik 4-8 m



**Gambar 10.** Satu set panel SUPW Generik Tipe Medium.

**Tabel 3.** *Rencan Anggaran Biaya SUPW Generik Tipe Medium*

A. Pekerjaan 1 Unit Set Panel Baja Uk. 2x1x2 = 4m <sup>2</sup>						
No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A TENAGA</b>						
1	Pekerja		OH	8.240	60.000,00	494.400,00
2	Tukang Las Konstruksi		OH	3.840	89.000,00	323.960,00
3	Kepala Tukang Besi Profil		OH	0.364	84.000,00	30.576,00
4	Mandor		OH	0.427	89.000,00	38.003,00
<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>				<b>13</b>	<b>JUMLAH HARGA</b>	<b>886.939,00</b>
<b>B BAHAN</b>						
1	Baja Canal 10		kg	117.840	12.000,00	1.414.080,00
2	Mur dan Baud 12 X 25 MM		buah	40.000	8.300,00	332.000,00
3	Mur dan Baud M18 X 12 CM		buah	24.000	22.000,00	528.000,00
4	Plat Baja 6mm		kg	17.720	14.000,00	248.080,00
5	Pipa Besi Ø 20mm		kg	14.880	14.000,00	208.320,00
6	Wiremesh 6mm M7		lembar	0.705	451.000,00	318.165,78
7	Besi SNI Ø8-10		kg	7.904	10.000,00	79.040,00
8	Papan		m <sup>3</sup>	2.000	50.000,00	100.000,00
9	Beton K-225 (Ready Mix)		m <sup>3</sup>	0.400	1.053.000,00	421.200,00
<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>						<b>3.648.885,78</b>
<b>C PERALATAN</b>						
1	Sewa Mesin Senai / Drat		set/hari	2.000	150.000,00	420.000,00
2	Cangkul		buah	0.020	67.700,00	1.354,00
3	Linggis		buah	0.020	70.700,00	1.414,00
4	Sewa Mesin Las Listrik		set/hari	1.000	150.000,00	150.000,00
5	Sewa Bor Listrik		set/hari	1.000	67.700,00	67.700,00
6	Sewa Bender /Cutting Baja		set/hari	1.000	70.700,00	70.700,00
7						
<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>						<b>711.166,00</b>
<b>D Jumlah (A+B+C)</b>						<b>5.246.992,78</b>
<b>E Overhead &amp; Profit (15 %)</b>				<b>15% x D (maksimum)</b>		<b>-</b>
<b>F Harga Satuan Pekerjaan (D+E)</b>						<b>5.246.992,78</b>
<b>G Pembulatan Harga Satuan Pekerjaan</b>						<b>5.246.993,00</b>
<b>B. Rincian Pekerjaan</b>				<b>TOTAL BIAYA PER M<sup>2</sup> =</b>		<b>1.311.748,25</b>
- Penggalian Tanah						
- Pembuatan Panel Baja						
- Pembuatan Batang Tarik dkk						
- Pengurugan Tanah Kembali						



### **c. SUPW Generik Tipe Premium**

Adalah wadah perkuatan dengan frame rangka utama menggunakan Baja Canal dan perkuatan ikatan ruang diagonal menggunakan besi/baja dan pengunci sambungan dengan menggunakan baut besi/baja.

Spesifikasi :

- Rangka baja canal
- Panel diisi beton (bisa kedap dan bisa berlubang)
- Ikatan diagonal besi
- Pengunci baut baja
- Dimensi panjang x tinggi = 2 m x 1 m
- Dimensi batang tarik 4-8 m

## **PEMBAHASAN**

Pada awalnya BBWS Cimanuk-Cisanggarung menerapkan bio-engineering dengan mengacu pada literature yang ada. Di awal Tahun 2017 sudah terbuat penanganan bio-engineering di 2 lokasi, yaitu : di Sungai Cigora Kabupaten Brebes dan di S Jengkelok Kab Kuningan. Sekarang sudah diimplementasikan bio-engineering di Wilayah Sungai Cimanuk-Cisanggarung sebanyak 12 lokasi. Melihat evaluasi penerapan bio-engineering yang sudah dilakukan, yaitu bahwa bio-engineering sangat cocok dilakukan pada lokasi yang mempunyai karakteristik sebagai berikut : 1. Kecepatan aliran banjir maksimal 2 m/dt, 2. Aliran banjir membawa sedimen, dan 3. Tanaman bambu yang ditanam kedalam tanah minimal 1/3 dari panjang total batang bambu. Melihat keterbatasan ini maka selanjutnya dilakukan inovasi berikutnya, yaitu dengan membuat Sistem Urug Peruatan Wadah Generik (SUPWG) berwawasan lingkungan. Teknologi SUPWG ini diturunkan dari teknologi SUPW temuan John Wirawan. Ada 3 tipe SUPWG, yaitu : SUPWG tipe premium, SUPWG tipe medium dan SUPWG tipe ekonomi. Dari ketiga tipe tersebut dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu : SUPWG yang permanen (ke-3 tipe SUPWG) dan SUPWG yang bisa dengan system knock down (SUPWG tipe premium dan medium). Prinsip dari teknologi SUPWG ini adalah membuat wadah di tepi tebing sungai sebagai tempat tumbuh kembangnya tanaman konservasi tebing sungai hingga tumbuh kuat, untuk memperkuat tebing sungai dan memberikan kekasaran tebing sungai sehingga aliran banjir tidak cepat mengalir ke hilir. Biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan SUPWG tipe ekonomi berkisar sebesar Rp 500.000,00/m<sup>3</sup> sampai Rp 600.000,00/m<sup>3</sup> , sedangkan untuk SUPWG tipe medium berkisar antara Rp 1.300.000,00/m<sup>3</sup> sampai Rp 1.400.000,00/m<sup>3</sup>, adapun untuk SUPWG tipe premium berkisar antara Rp 1.500.000,00/m<sup>3</sup> sampai Rp 1.600.000,00/m<sup>3</sup>.

SUPWG terdiri dari beberapa komponen/bagian, yaitu :

1. Panel,
2. Batang tarik dengan sistem katodik (horizontal, diagonal bidang vertikal, diagonal bidang horizontal dan diagonal ruang),
3. Sistem pengunci,
4. Sistem pondasi dan
5. Bahan pengisi wadah.

6. Tanaman yang ditanam di dlm wadah (untuk perkuatan tebing dan tanggul sungai)

SUPWG tipe ekonomi merupakan SUPWG sistem permanen, yang terdiri dari :

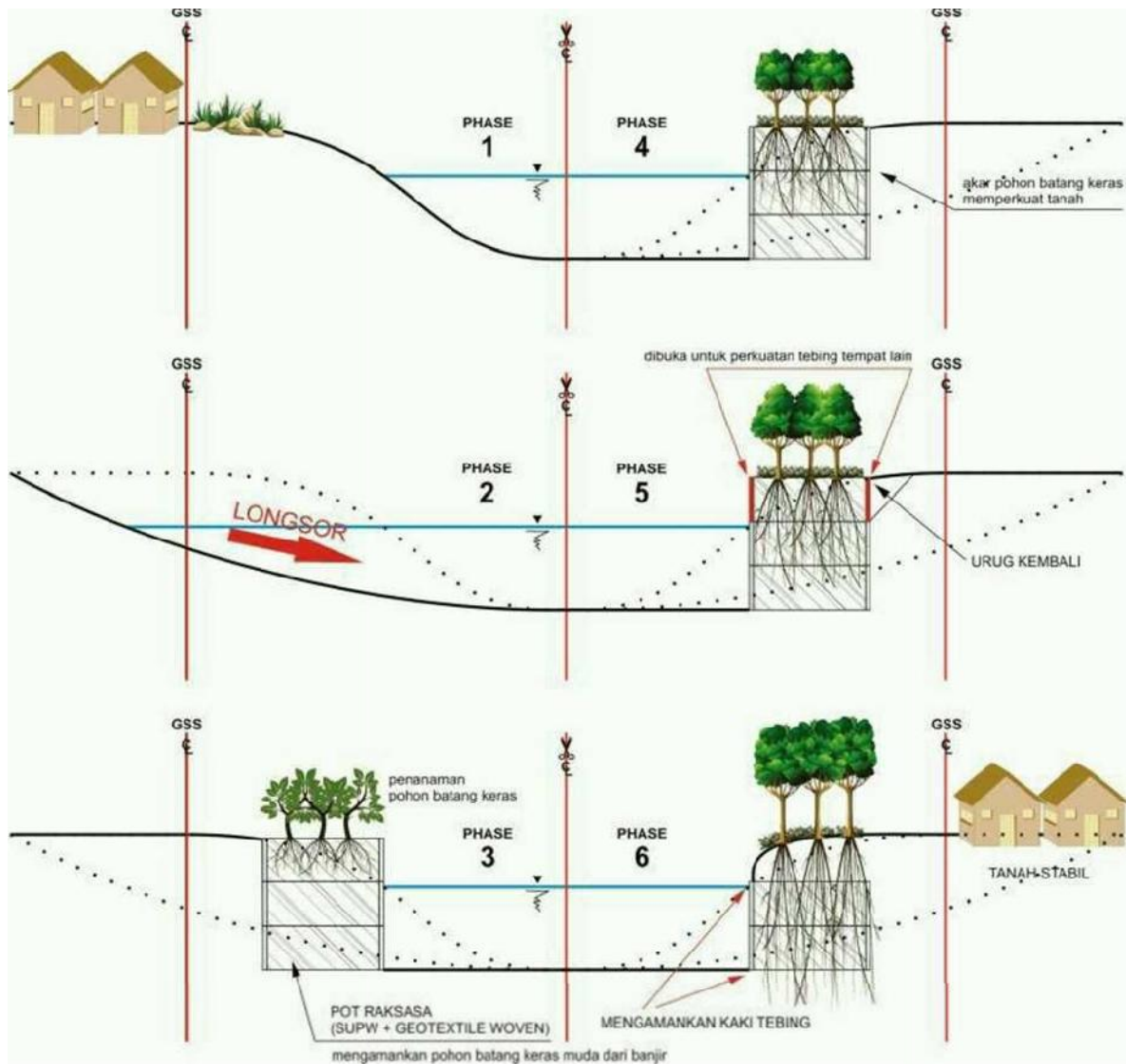
1. Panel (dari bambu/kayu);
2. Batang tarik → bambu/kayu (utk batang tarik horizontal), kawat/tali ijuk (utk batang tarik diagonal);
3. Sistem pengunci : sekrup & mur atau pasah pd batang bambu/kayu, dan sistem tali dengan kawat/tali ijuk;
4. Sistem pondasi : formasi pondasi cerucuk bambu/kayu dolken double baris dengan tarik diagonal bersilang, dipasang pengunci SUPWG yang paling bawah.
5. Bahan pengisi wadah : tanah yang dipadatkan dan formasi karung tanah ditepi wadah membentuk huruf U

SUPWG tipe medium merupakan SUPWG yang bias menjadi sistem permanen atau knockdown, dimana terdiri dari :

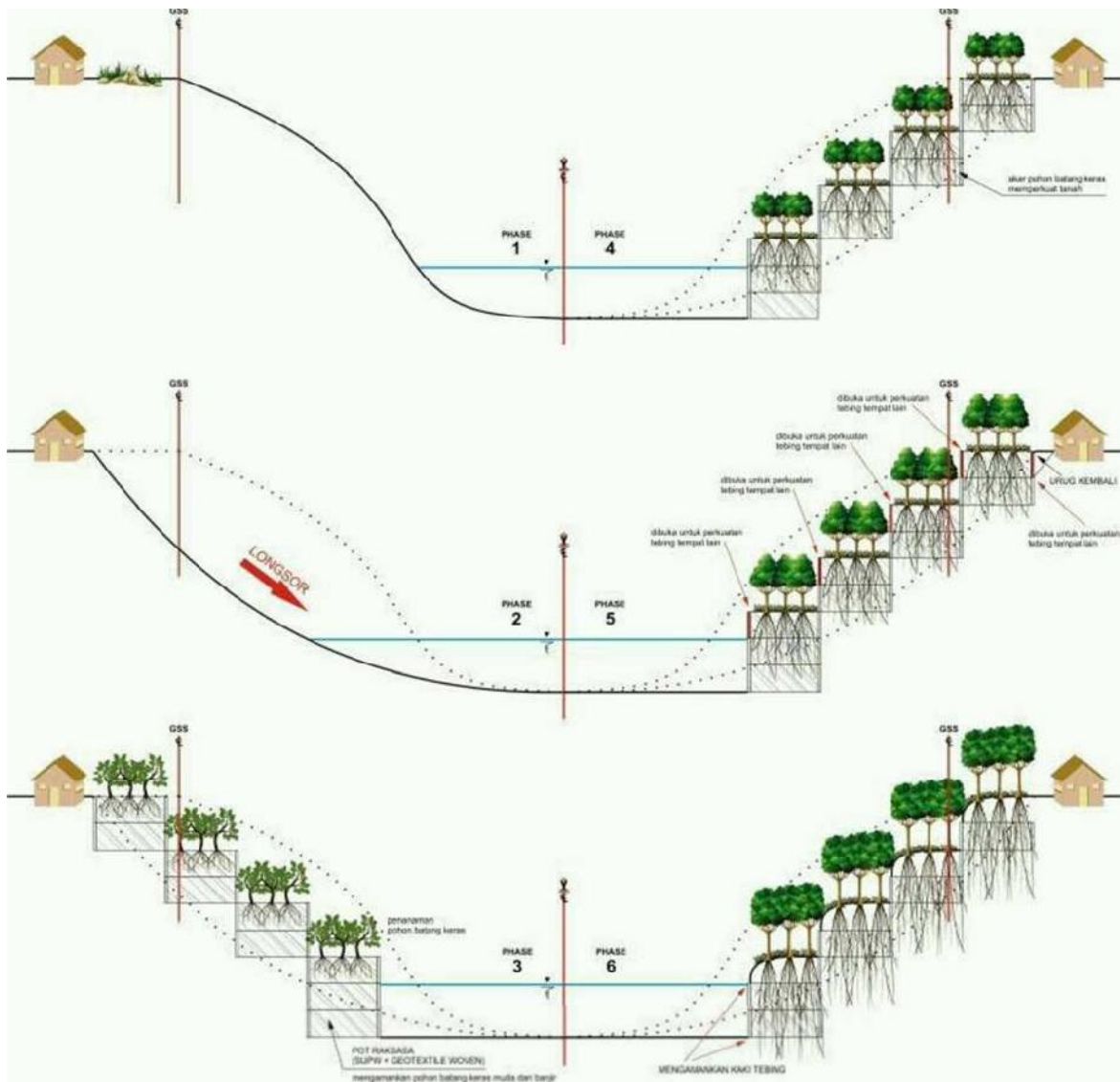
1. Panel (frame baja U kanal dengan pengisinya bahan setempat spt : bambu, batu, batubata, paving blok, pipa, berdiri diisi lumpur sungai, bata habel, sampah plastik dlm bentuk "ecobrick" dll dan dijepit 2 wiremesh);
2. Batang tarik → batang baja dengan dilindungi selang elastis (sistem katodik);
3. Sistem pengunci : plat pengunci beserta sekrup & murnya
4. Sistem pondasi : rel pondasi dari batang baja U kanal yang mengunci formasi pondasi cerucuk bambu/kayu dolken double baris dengan batang tarik diagonal bersilang, dipasang pengunci SUPWG yang paling bawah.
5. Bahan pengisi wadah : tanah yang dipadatkan dan formasi karung tanah ditepi wadah membentuk huruf U

SUPWG tipe premium merupakan SUPWG yang bias menjadi sistem permanen atau knockdown, dimana terdiri dari :

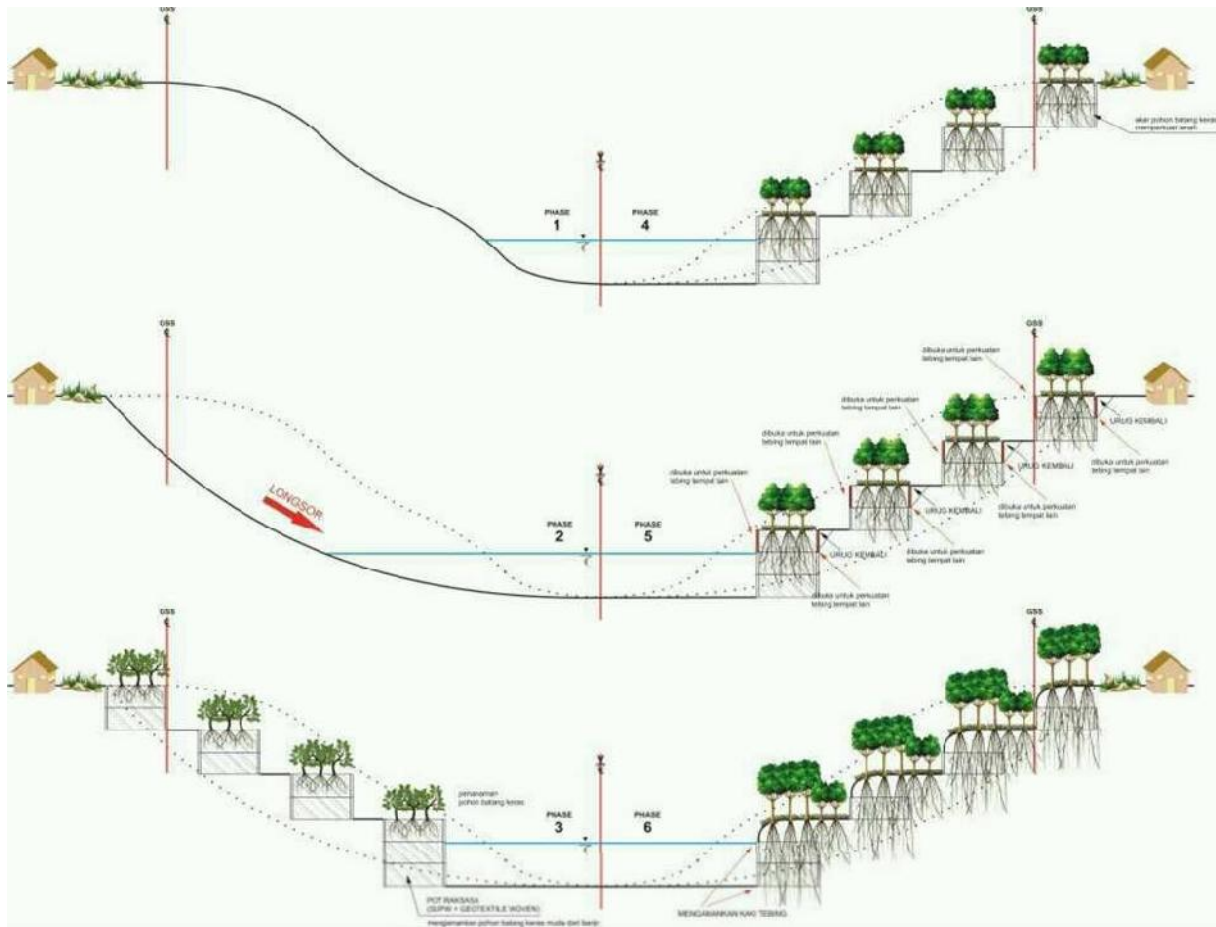
1. Panel (frame baja U kanal dengan pengisinya bahan beton dan wiremesh);
2. Batang tarik → batang baja dengan dilindungi selang elastis (sistem katodik);
3. Sistem pengunci : plat pengunci beserta sekrup & murnya
4. Sistem pondasi : rel pondasi dari batang baja U kanal yang mengunci formasi pondasi cerucuk bambu/kayu dolken double baris dengan batang tarik diagonal bersilang, dipasang pengunci SUPWG yang paling bawah.
5. Bahan pengisi wadah : tanah yang dipadatkan dan formasi karung tanah ditepi wadah membentuk huruf U.



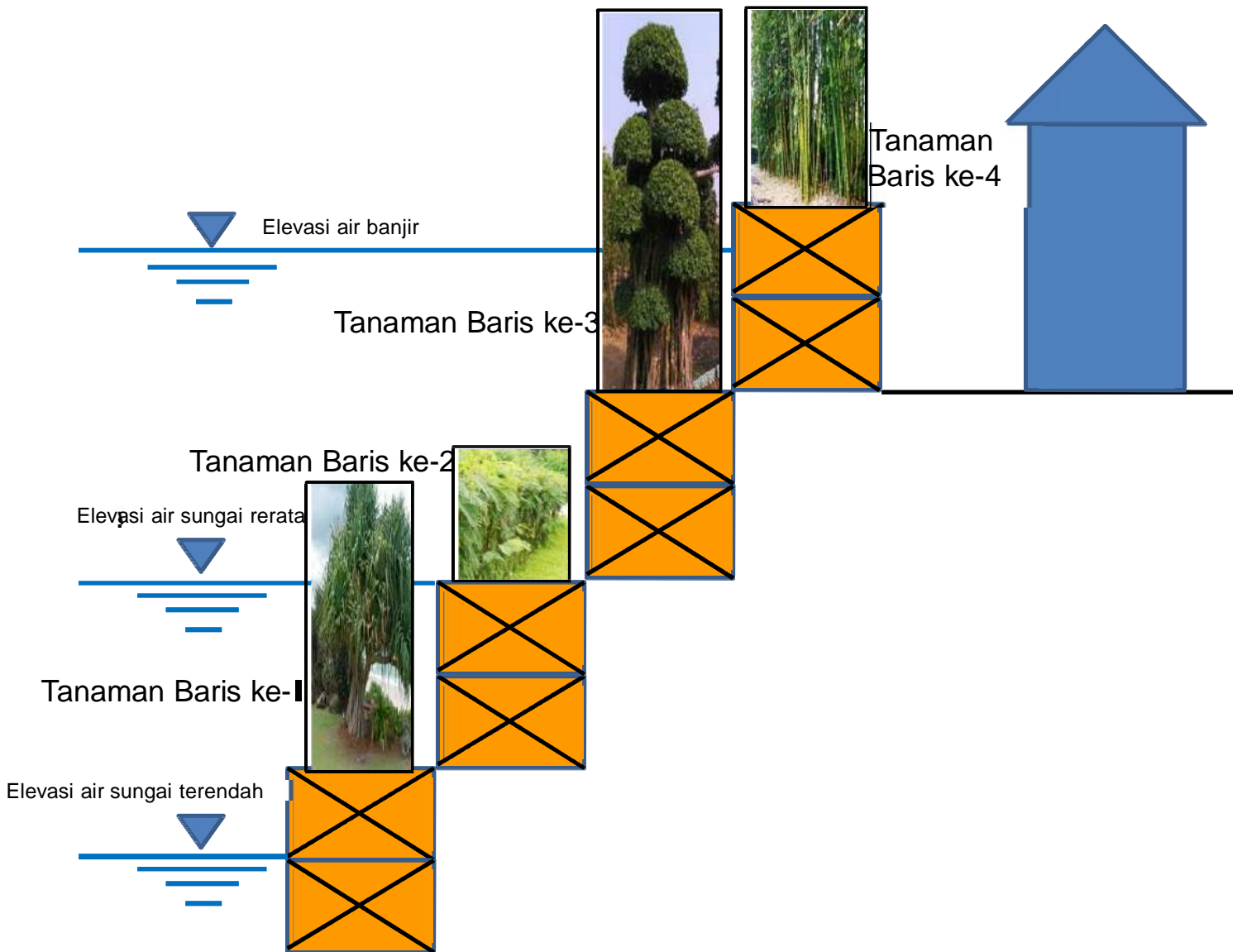
**Gambar 11.** Tahapan pemasangan SUPW Generik tipe medium dan tipe permanen dengan system knock down pada dengan tebing sungai yang relative curam



**Gambar 12.** Tahapan pemasangan SUPW Generik tipe medium dan tipe permanen dengan system knock down pada dengan tebing sungai yang relative landai



**Gambar 13.** Tahapan pemasangan SUPW Generik tipe medium dan tipe permanen dengan system knock down pada dengan tebing sungai yang relative sangat landai



**Gambar 13.** Formasi tanaman pada SUPW Generik untuk perkuatan tebing sungai

Bila Kondisi tidak ideal (lebar tebing sungai sempit); maka yang wajib ditanam adl tamanan baris ke-1 dan ke-2 secara selang-seling.

### Formasi Tanaman

#### 1. Baris pertama (paling depan)

Pada barisan pertama ini ditanami dengan barisan tanaman yang mempunyai akar tunjang bercabang dimana tumbuh ke atas dan ke bawah; seperti mangrove, pandan laut, buah merah dll;



**Gambar 14.** Tanaman yang direkomendasikan ditanam di barisan pertama (paling depan) dalam formasi SUPW Generik

## 2. Baris kedua

Pada barisan kedua ini ditanami dengan barisan tanaman yang mempunyai akar tunggang dan rakus terhadap air serta diutamakan tanaman endemik; contoh : tanaman kaliandra.

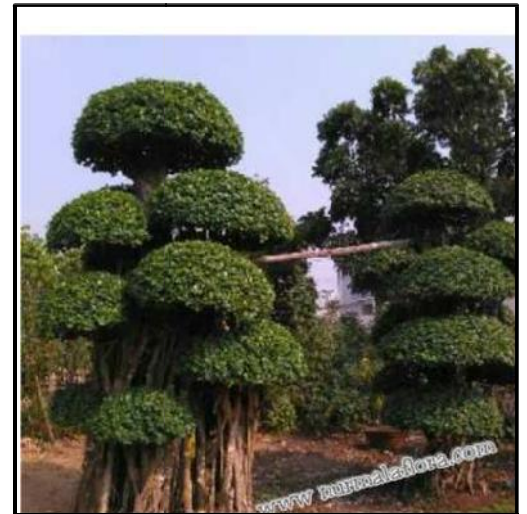
**Catatan :** lokasi baris kedua terletak di elevasi tebing sungai yang sering tergenang air; jarak tanam 50 cm.



**Gambar 15.** Tanaman yang direkomendasikan ditanam di barisan kedua dalam formasi SUPW Generik

## 3. Baris ketiga

Pada barisan ketiga ini ditanami dengan barisan tanaman yang mempunyai akar tunggang yang dalam dan diutamakan tanaman endemik; contoh : pohon beringin, vertivera dll.



Tanaman Beringin

**Gambar 16.** Tanaman yang direkomendasikan ditanam di barisan ketiga dalam formasi SUPW Generik

#### 4. Baris keempat ... dst

Pada barisan ketiga ini ditanami dengan barisan tanaman yang mempunyai akar serabut berkelompok, seperti : bambu.

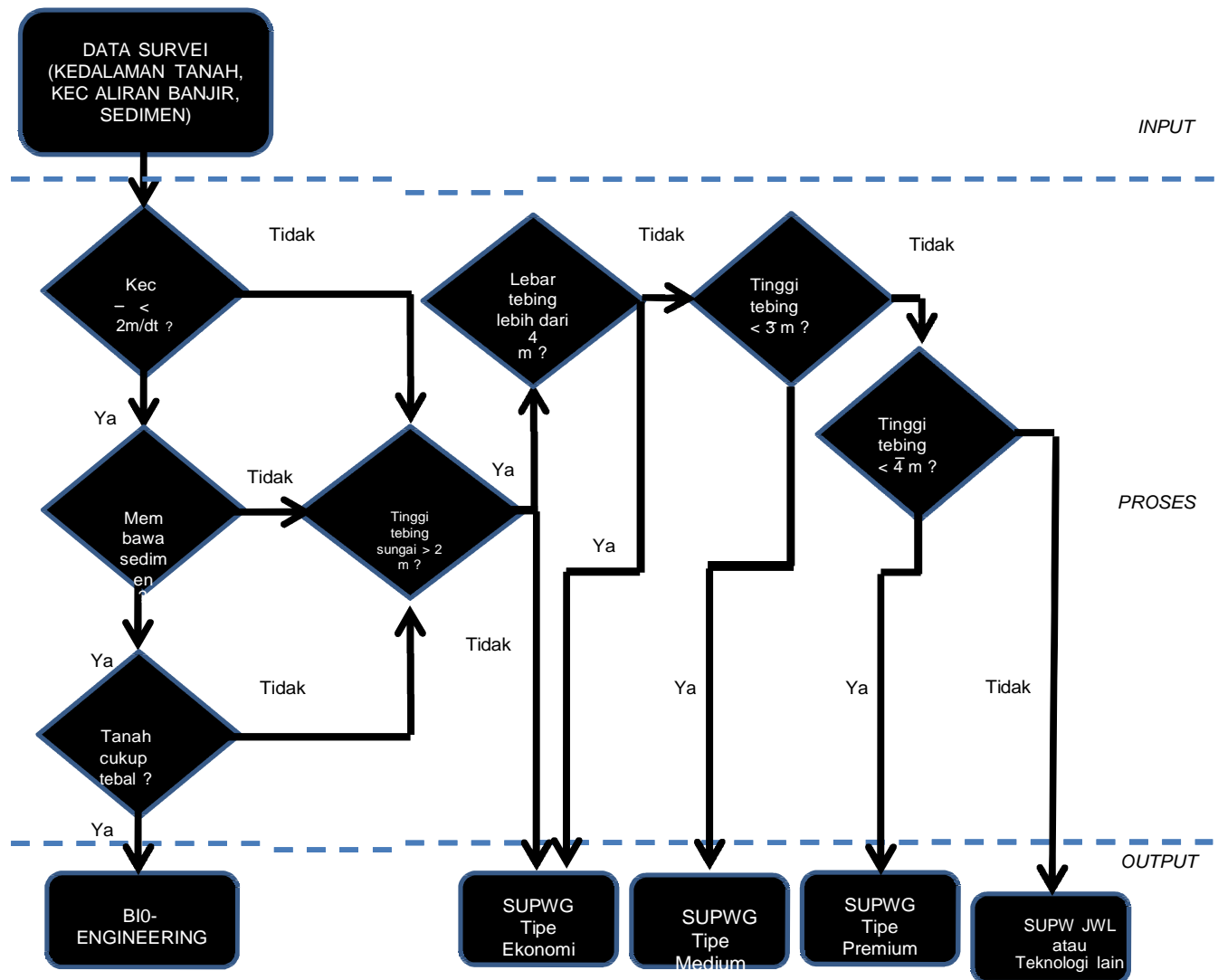


Tanaman Bambu

**Gambar 17.** Tanaman yang direkomendasikan ditanam di barisan keempat dan seterusnya dalam formasi SUPW Generik



Melihat dari keunggulan dan kelemahan antara teknologi bio-engineering, SUPW Generik berwawasan lingkungan, SUPW JWL dan teknologi lainnya, maka dapat disusun alur pikir penerapan kesemua teknologi tersebut sebagai berikut :



Gambar 18. Diagram alir penentuan penerapan teknologi berwawasan lingkungan untuk perkuatan tebing sungai dalam rangka restorasi sungai.

## KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut diatas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam menerapkan teknologi bio-engineering dan SUPW Generik berwawasan lingkungan harus memperhatikan kondisi yang dipersyaratkan.
2. Dengan secara selektif menerapkan teknologi bio-engineering dan SUPW Generik berwawasan lingkungan dapat menghemat biaya pengendalian banjir, sekaligus melakukan restorasi sungai.

3. Teknologi SUPW Generik dengan system knock down dapat digunakan berkali-kali sehingga sangat efisien dan efektif. Teknologi ini juga dapat digunakan sebagai bahan banjir dalam penanganan darurat bencana banjir.
4. Salah satu kunci keberhasilan dalam menerapkan teknologi SUPW Generik berwawasan lingkungan adalah penanaman tanaman mengikuti formasi yang direkomendasikan.
5. Saran ke depan, dalam rangka restorasi sungai maka perlu sekali dilakukan pemetaan koefisien Manning tebing sungai yang direkomendasikan dalam rangka pengendalian banjir, pada setiap ruas sungai dari hulu sampai hilir (muara sungai). Dari nilai koefisien Manning di setiap ruas sungai tersebut, selanjutnya dapat diterjemahkan pada jenis tanaman dan kerapatan tanaman yang direkomendasikan.
6. Teknologi bio-engineering dan SUPW Generik berwawasan lingkungan merupakan masuk dalam kelompok Teknologi Low Impact Development, sehingga dalam penyebarluasannya dalam rangka restorasi sungai sangat diperlukan *political will* dari pemerintah dan pemerintah daerah.

### **PENGHARGAAN**

Terima kasih kepada :

1. Kasatker OP SDA, PPK OP SDA 3 dan PPK OP SDA 4 beserta staf jajarannya, serta Agung Suci Hi yang telah membantu penerapan pilot project bio-engineering dan SUPW Generik berwawasan lingkungan untuk perkuatan tebing sungai dan tanggul sungai di wilayah kerja BBWS Cimanuk-Cisanggarung.
2. Pak John Wirawan atas dukungannya dan izinnya sehingga pembuatan SUPW Generik dapat terlaksana sesuai rencana.

### **REFERENSI**

- Maryono, Agus. 2009. *Restorasi Sungai*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Maryono, Agus. 2009. *Eko-Hidrolika Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Maryono, Agus. 2009. *Pembangunan Sungai, Dampak dan Restorasi Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.