

LAPORAN TAHUN KE 1
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



**OPTIMALISASI DESAIN CAMPURAN 'MODULAR POROUS PAVEMENT'
YANG SESUAI UNTUK WILAYAH MANADO**

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Ir. Isri Ronald Mangangka, M.Eng., Ph.D.
NIDN : 0024096505

Ir. Ronny Estefanus Pandaleke, MT.
NIDN : 0031056503

Dr. Eng. Ir. Liany Amelia Hendrata, M.Si
NIDN : 0020036605

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

NOVEMBER 2019

Dibiayai Oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat
Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti
Sesuai dengan Kontrak Penelitian Tahun Anggaran 2019

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ir ISRI RONALD MANGANGKA M.Eng, Ph.D

Alamat : Perum BTN Puskopad D/57 Kelurahan Perkamil Lingk. I Kec. Paal Dua Kota
Manado 95129

berdasarkan Surat Keputusan Nomor 7/E/KPT/2019 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 213/UN12.13/LT/2019 mendapatkan Anggaran Penelitian Optimalisasi Desain Campuran 'Modular Porous Pavement' yang Sesuai untuk Wilayah Manado sebesar 174,950,000 .

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	Jumlah
01	Bahan Pembelian material agregat, semen PC, bahan additive beton, pengeras beton, serat polypropylene, dan pembuatan alat bantu laboratorium	99,150,000
02	Pengumpulan Data Biaya pengumpulan data sekunder, data lapangan dan data pendukung lainnya serta pengumpulan data melalui telpon dan online (internet), honor petugas lapangan	12,600,000
03	Analisis Data (Termasuk Sewa Peralatan) Biaya pekerjaan laboratorium, pembuatan sampel-sampel, pengujian dan menganalisis hasil-hasilnya, sewa peralatan dan kendaraan, honor petugas dan tenaga pendukung laboratorium	36,600,000
04	Pelaporan, Luaran Wajib dan Luaran Tambahan Biaya pembuatan dan penggandaan laporan-laporan, biaya pendaftaran luaran dan keikutsertaan dalam seminar/konferensi, honor tenaga administrasi	26,600,000
	Jumlah	174.950.000

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian dimaksud.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.



Manado, 16 - 11 - 2019

Ketua,

(Ir ISRI RONALD MANGANGKA, M.Eng,
Ph.D)

NIP/NIK 196509241993031003

A. IDENTITAS PENELITIAN

1. JUDUL PENELITIAN

Optimalisasi Desain Campuran 'Modular Porous Pavement' yang Sesuai untuk Wilayah Manado

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Manajemen Penanggulangan Kebencanaan dan Lingkungan	-	Penguatan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim global	Teknik Lingkungan

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	SBK Riset Terapan	SBK Riset Terapan	6	2

2. IDENTITAS PENGUSUL

Peran	Nama	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	ID Sinta	H-Index
Ketua Pengusul	ISRI RONALD MANGANGKA	Universitas Sam Ratulangi	Teknik Lingkungan	5974252	2
Anggota Pengusul 1	Ir RONNY ESTEFANUS PANDALEKE M.T	Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil	6200675	0
Anggota Pengusul 3	Dr. Ir LIANY AMELIA HENDRATTA M.Si	Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil	6123953	0

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Calon Pengguna	Antony Halim

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Desain	produk	Desain produk modular porous pavement
2	Dokumen Feasibility study	Ada/Tersedia	Studi kelayakan sudah selesai

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Hak Cipta	terdaftar	HKI atas desain produk
2	Paten Sederhana	terdaftar	Paten sederhana atas prototipe produk

B. Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

Penggunaan porous pavement merupakan penerapan sistem drainase yang berwawasan lingkungan (eko-drainase). Porous pavement sebagai alternatif dari lapis perkerasan kedap yang konvensional memiliki banyak keuntungan. Porous pavement menyerap air dan menyebabkan air berinfiltrasi dan perkolasi ke dalam lapis pondasi jalan dan selanjutnya ke tanah dasar, dengan demikian mengurangi volume dan debit puncak limpasan permukaan (runoff), serta meningkatkan pengisian ulang air tanah. Penggunaan porous pavement juga akan meningkatkan kualitas runoff melalui proses sedimentasi, filtrasi dan retensi polutan yang terkandung pada air hujan.

Efisiensi dari modular porous pavement tergantung pada daya dukung dan porositasnya. Untuk meningkatkan daya dukung maka ukuran dan kuantitas pori harus dikurangi, sebaliknya untuk meningkatkan kapasitas infiltrasi maka ukuran dan kuantitas pori harus diperbesar. Karena itu nilai optimal dari ukuran dan kuantitas pori akan menghasilkan konstruksi modular porous pavement dengan kekuatan yang memadai namun memiliki kapasitas infiltrasi yang cukup, sementara kapasitas infiltrasi yang dibutuhkan tergantung pada iklim dan pola hujan di wilayah dimana modular porous pavement ini akan digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan desain campuran porous pavement yang optimal dan sesuai untuk wilayah Manado, yang didasarkan pada desain campuran (mix design) beton berupa komposisi agregat, semen dan kadar air yang tepat sehingga tercapai kondisi optimum antara kekuatan dan kapasitas infiltrasi.

Desain campuran yang optimal ini diperoleh melalui pekerjaan-pekerjaan dan uji laboratorium terhadap sampel-sampel, yang merupakan bagian yang dikerjakan untuk Tahun I, yang berarti tercapainya TKT 4. Target output **Luaran wajib** penelitian Tahun I ini berupa desain produk yaitu *Desain Campuran Perkerasan Kaku Berpori yang Sesuai untuk Wilayah Manado* dan **Luaran tambahan** berupa Hak Cipta yang sudah terdaftar berupa HKI atas desain produk ini telah terpenuhi.

Kata kunci maksimal 5 kata

porous pavement; eko-drainase; porous rigid pavement, permeable pavement, perkerasan kaku berpori.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

A. Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dimulai dengan menganalisa data curah hujan. Data yang di kumpulkan ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Kayuwatu Manado. Data curah hujan harian maksimum Kota Manado selama 13 tahun terakhir pengamatan (tahun 2006 s/d 2018) diperlihatkan pada table berikut.

No.	Tahun	X	Rangking X
		(mm)	(mm)
1	2006	80,20	56,80
2	2007	108,80	57,00
3	2008	95,20	68,20
4	2009	75,40	70,80
5	2010	56,80	75,40
6	2011	92,00	76,10
7	2012	76,10	80,20
8	2013	57,00	80,60
9	2014	90,20	90,20
10	2015	80,60	92,00
11	2016	138,20	95,20
12	2017	68,20	108,80
13	2018	70,80	138,20
Jumlah		1089,50	1089,50

Sumber: BMKG Stasiun Klimatologi Kayuwatu Manado

B. Uji Data Hujan Outlier

Perhitungan data outlier dilakukan terhadap curah hujan maksimum dan minimum selama periode pengamatan (tahun 2006 sampai 2018), dimana $X_i \min = 56.80$ dan $X_i \max = 138,20$.

$$S_{Log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } X_i - \overline{\text{Log } X})^2}{n - 1}}$$

$$S_{Log} = 0,1073$$

Uji outlier tinggi: $Log X_h = \overline{Log X} + (S_{Log} \times K_n)$

Untuk n=13 $\rightarrow Kn = 2.175 \Rightarrow Log X_h = 1.9106 + (0.1073 \times 2.175) = 2.1440$

$X_h = 139,31 \text{ mm}$

Uji outlier rendah: $Log X_l = \overline{Log X} - (S_{Log} \times K_n) = 1,6773$

$X_l = 47,56 \text{ mm}$

∴ Tidak ada outlier karena $X_i \text{ min} > X_l$ dan $X_i \text{ max} > X_h$

C. Analisis Curah Hujan Rancangan

Tujuan dari analisis frekuensi curah hujan ini adalah untuk memperoleh curah hujan rancangan untuk beberapa periode ulang menurut beberapa jenis distribusi. Dari berbagai sebaran distribusi yang ada, berdasarkan hasil berbagai studi terdahulu yang pernah dilakukan, maka jenis sebaran distribusi yang cocok untuk wilayah Manado adalah:

- a. Distribusi Gumbel Tipe I
- b. Distribusi Log Normal 2 Parameter
- c. Distribusi Log Pearson Type III

Jenis distribusi yang nantinya dipakai harus ditentukan dengan melihat karakteristik distribusi hujan daerah setempat. Periode ulang yang akan dihitung pada masing-masing jenis distribusi adalah untuk periode ulang 2, 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun.

1. Distribusi Gumbel Tipe I

Persamaan empiris untuk distribusi Gumbel Tipe I sebagai berikut:

$$X_T = \bar{X} + (S \times K)$$

Hasil perhitungan distribusi Gumbel tipe 1 diberikan pada table berikut ini.

T	Y _T	Sd	Y _n	S _n	K	X (mm)
2	0,3665	22,0514	0,5070	0,9971	-0,1409	80,7007
5	1,4999	22,0514	0,5070	0,9971	0,9958	105,7671
10	2,2504	22,0514	0,5070	0,9971	1,7484	122,3632
20	2,9702	22,0514	0,5070	0,9971	2,4704	138,2826
50	3,9019	22,0514	0,5070	0,9971	3,4048	158,8886
100	4,6001	22,0514	0,5070	0,9971	4,1051	174,3299

2. Distribusi Log Normal 2 Parameter

Distribusi Log-normal dua parameter mempunyai persamaan transformasi sebagai berikut:

$$Log X_t = \overline{Log X} + (k.SLog X)$$

T	P	k	Log X	X (mm)
2	0,5000	-0,0284	1,9076	80,8307
5	0,2000	0,8342	2,0001	100,0282
10	0,1000	1,3010	2,0502	112,2532
20	0,0500	1,6939	2,0924	123,6969
50	0,0200	2,1456	2,1408	138,2977
100	0,0100	2,8016	2,2112	162,6310

3. Distribusi Log Pearson Tipe III

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan data menjadi nilai logaritmik. Persamaan distribusi Log Pearson Tipe III dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } X} + (G \times S)$$

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	0,5138	-0,0874	1,9012	79,6617
5	20	0,5138	0,8112	1,9977	99,4604
10	10	0,5138	1,3334	2,0537	113,1560
20	5	0,5138	1,8270	2,1066	127,8306
50	2	0,5138	2,3263	2,1602	144,6135
100	1	0,5138	2,7062	2,2010	158,8430

1. Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan Untuk Tiap Jenis Distribusi

Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan rancangan dari tiap-tiap distribusi di atas dituangkan dalam table berikut.

No.	Kala Ulang (Tahun)	Curah Hujan Rancangan Lolak-Solog (mm)			
		Distribusi Gumbel Tipe I	Distribusi Log Normal 2 Parameter	Distribusi Log Pearson Tipe III	Maksimum
1	2	80,701	80,831	79,662	80,831
2	5	105,767	100,028	99,460	100,028
3	10	122,363	112,253	113,156	113,156
4	20	138,283	123,697	127,831	127,831
6	50	158,889	138,298	144,614	144,614
7	100	174,330	162,631	158,843	162,631

D. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi hujan atau volume hujan per satuan waktu. Perhitungan intensitas curah hujan di wilayah studi dilakukan dengan menggunakan rumus Mononobe. Besar intensitas curah hujan sangat tergantung pada besarnya waktu konsentrasi (tc) dari aliran limpasan permukaan di wilayah tersebut. Waktu konsentrasi hujan adalah waktu yang

diperlukan untuk mengalirnya air dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu yang ditinjau pada daerah pengaliran. Perhitungan intensitas hujan dengan menggunakan rumus Mononobe tersebut adalah seperti berikut ini.

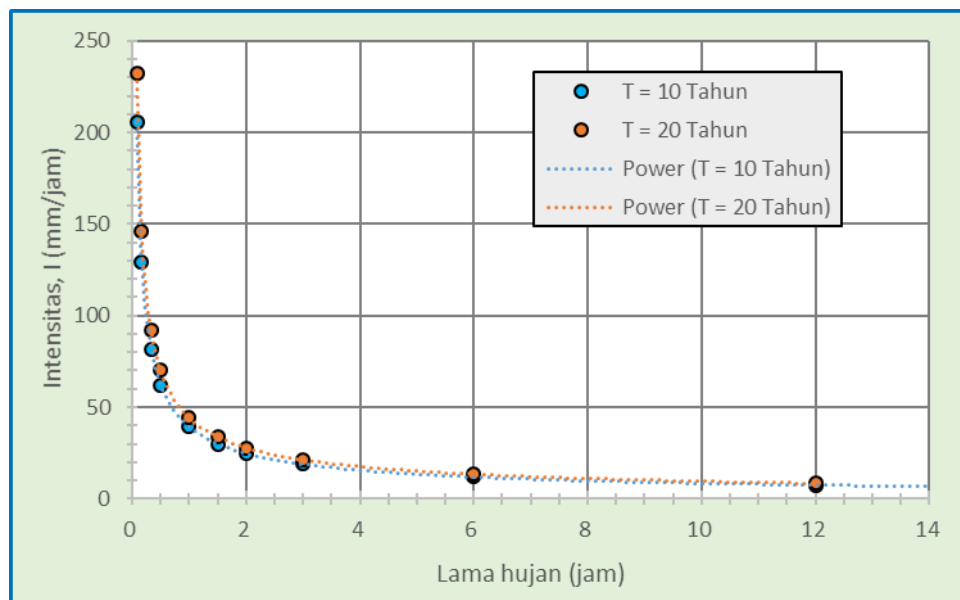
$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3}$$

Dimana I adalah intensitas hujan dalam mm/jam, tc adalah waktu konsentrasi dalam jam dan R_{24} adalah curah hujan harian rancangan dalam mm. Debit banjir terbesar dihasilkan dari curah hujan dengan lamanya hujan t sama dengan waktu konsentrasi tc.

Besarnya curah hujan harian rancangan yang akan digunakan dalam perencanaan tergantung pada perioda ulang perencanaan, sedangkan penetapan perioda ulang didasarkan dan tergantung pada tingkat resiko dan biaya konstruksi. Pengambilan perioda ulang yang lebih singkat akan memperkecil biaya konstruksi dari bangunan drainase atau air hujan yang direncanakan, konsekuensinya resiko kerugian dan kerusakan yang akan ditimbulkan akan menjadi lebih besar. Sebaliknya pengambilan perioda ulang yang lebih lama akan membuat anggaran biaya membengkak tapi resiko kerugian yang ditimbulkan akan menjadi lebih kecil. Untuk kawasan rural atau pedesaan, perioda ulang perencanaan biasanya diambil sekitar 1 hingga 5 tahun. Sedangkan untuk kawasan perkotaan, guna memperkecil resiko kerugian prasarana dan infrastruktur yang mahal biasanya digunakan perioda ulang 10 tahun, bahkan untuk kawasan bisnis/ komersial yang padat biasanya diambil hingga 20 tahun. Dalam perencanaan ini dimana lokasi perencanaan adalah lapangan parkir yang bisa saja terletak di kawasan bisnis yang padat, maka perioda ulang perencanaan diambil 10 dan 20 tahun. Dengan demikian, curah hujan harian rancangan untuk perioda ulang 10 tahun adalah 113,16 mm dan untuk perioda ulang 20 tahun adalah sebesar 127,83 mm.

Dengan demikian, dengan menggunakan rumus mononobe diatas, hubungan antara intensitas curah hujan dan lamanya hujan baik untuk hujan dengan kala ulang 10 tahun maupun 20 tahun tertuang dalam table berikut dan dapat digambarkan dalam bentuk Kurva Intensity-Frequency-Duration (IFD) menurut gambar berikut ini.

Lamanya Hujan, t (menit)	Lamanya Hujan, t (Jam)	Intensitas, I (mm/jam)	
		T = 10 Tahun	T = 20 Tahun
5	0,083	206	232
10	0,167	130	146
20	0,333	82	92
30	0,5	62	70
60	1,0	39	44
90	1,5	30	34
120	2	25	28
180	3	19	21
360	6	12	13
720	12	7	8



Seperti terlihat di atas, intensitas curah hujan untuk hujan rancangan dengan periode ulang 10 tahun adalah sebesar 206 mm/jam, sedangkan untuk hujan rancangan dengan periode ulang 20 tahun adalah sebesar 232 mm/jam. Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, maka desain konstruksi rigid porous pavement ini harus direncanakan untuk hujan rancangan dengan periode ulang 20 tahun, mengingat bahwa konstruksi ini bisa digunakan untuk kawasan bisnis/komersial yang padat.

Skope dari perencanaan ini adalah drive way dan lapangan parkir, dimana luas catchmentnya relative kecil. Untuk luas catchment yang kecil, maka intensitas hujan maksimum terbesar biasanya direncanakan berdasarkan curah hujan berdurasi pendek, dalam hal ini 5 menit. Dari tabel terlihat bahwa besarnya intensitas hujan berdurasi 5 menit untuk curah hujan dengan kala ulang 20 tahun adalah sebesar 232 mm/jam.

E. Memperhitungkan Pengaruh Clogging

Unjuk kerja dari porous pavement bisa menurun seiring waktu. Hal ini disebabkan karena terjadinya clogging, akibat tersumbatnya pori-pori dengan material tanah yang terbawa aliran permukaan (runoff) (Browne 2011, Coughlin 2011 dan Boogaard 2014). Karena itu, perencanaan porous pavement harus memperhitungkan pengaruh clogging ini. Andrés-Valeri dkk (2016) mengatakan bahwa dalam hal mengatasi masalah clogging, Rigid porous pavement atau Porous concrete pavement memiliki performance lebih baik dibanding Flexible Porous Pavement atau Porous Asphalt Pavement sehubungan dengan kapasitas infiltrasi. Rigid porous pavement memiliki potensi lebih kecil untuk clogging dan dengan mudah dibersihkan secara alami oleh aliran air hujan. Namun demikian, Lucke (2012) setelah melakukan studi terhadap kapasitas infiltrasi permeable pavement yang telah berumur 8 tahun mengatakan bahwa laju infiltrasi porous pavement berkurang seiring waktu dan penurunan kapasitas infiltrasi ini adalah sebesar 63.3% hingga 100%.

Sebagai kompensasi terhadap kemungkinan terjadinya clogging dimasa datang, maka intensitas hujan rencana yang akan diterima oleh konstruksi porous pavement dalam penelitian ini diasumsikan sebesar 2 kali, atau menjadi sebesar **464 mm/jam** untuk hujan dengan kala ulang 20 tahun dan **412 mm/jam** untuk hujan dengan kala ulang 10 tahun. Nilai ini akan dipakai sebagai ambang batas laju perkolasi/permeability yang dibutuhkan untuk wilayah Manado.

F. Hasil Pemeriksaan Laboratorium Terhadap Sifat-sifat Agregat

Pekerjaan laboratorium awal dilakukan terhadap pengujian sifat-sifat agregat (aggregate properties) terhadap 2 sumber/lokasi pengambilan agregat yaitu Kinilow dan Lansot.

Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat agregat (aggregate properties) adalah.

Tabel 8: Aggregate Properties

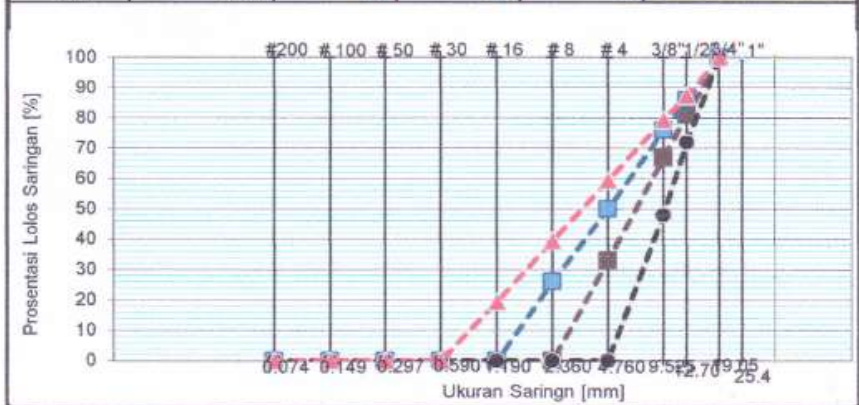
No	Parameter	ID Objek	Lokasi Pengambilan Agregat	
			Kinilow	Kema-Lansot
1	Bulk Specific Gravity	BSG	2,31	2,62
2	Absorpsi Maksimum	ABS	2,04	1,67
3	Berat Volum (padat)	BVP	1,28	1,46
4	Berat Volum (gembur)	BVG	1,21	1,33
5	Kadar Air	KA	1,63	1,85
6	Abrasi	ABS	35,52	21,17

G. Desain Campuran Beton

Kedua jenis material, yakni yang berasal dari Lansot dan Kinilow, kemudian dibuatkan campuran betonnya. Untuk kedua jenis agregat tersebut, masing-masing dibuatkan sampel dengan komposisi agregat yang berbeda-beda, dalam hal ini perbedaan komposisi agregat tersebut dikategorikan Kasar, Sedang dan Halus. Kategori Kasar artinya ukuran butiran minimum yang digunakan adalah 3/8", kategori Sedang dengan ukuran butiran minimum 4,75 mm (No. 4), dan kategori Halus yakni dengan ukuran butiran minimum 2,36 mm (No. 8). Komposisi agregat di atas ukuran minimum disebarkan proporsional menurut gradasi yang diberikan pada gambar berikut, sedangkan komposisi agregat berdasarkan berat serta komposisi/kandungan semen PC dan air diberikan pada tabel berikut.

UKURAN SARINGAN		BERAT FRAKSI UKURAN AGREGAT			PENGUNAAN AGREGAT
LOLOS	TERTAHAN	ALT 1	ALT 2	ALT 3	
3/4"	1/2"	1596,0	1083,0	798,0	AGR PECAH Ex LANSOT / KINILOW
1/2"	3/8"	1368,0	798,0	570,0	
3/8"	# 4	2736,0	1938,0	1482,0	
# 4	# 8	0,0	1881,0	1368,0	
# 8	# 16	0,0	0,0	1482,0	
# 16	# 30	0,0	0,0	0,0	
Jml Berat		5700,0	5700,0	5700,0	
Kinilow	Semen	1266,7	1341,2	1425,0	Gram
		22,2	23,5	25,0	% Thdp Berat Agr.
		4,50	4,25	4,00	Ratio Agr - PC
	Air	442,0	507,2	602,5	ml
		34,9	37,8	42,3	% Thdp Berat PC
Lansot	Semen	1266,7	1341,2	1425,0	Gram
		22,2	23,5	25,0	% Thdp Berat Agr.
		4,50	4,25	4,00	Ratio Agr - PC
	Air	417,0	482,2	552,5	ml
		32,9	36,0	38,8	% Thdp Berat PC

UK. SARINGAN	ALT 1	ALT 2	ALT 3	Keterangan
3/4 "	19,050	100,0	100,0	
1/2"	12,700	72,0	81,0	
3/8 "	9,525	48,0	67,0	
# 4	4,760	0,0	33,0	
# 8	2,380	0,0	0,0	
# 16	1,190	0,0	0,0	
# 30	0,590	0,0	0,0	



H. Hasil Pengujian Permeabilitas dan Kuat Tekan

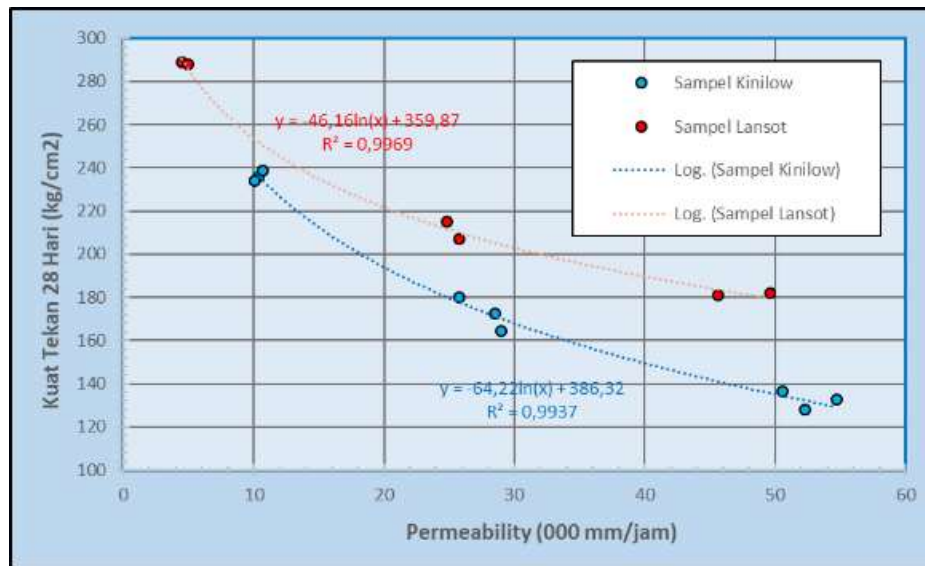
Sampel-sampel yang dibuat, setelah 7 hari dilakukan pengujian terhadap laju infiltrasinya dan kuat tekannya. Hasil pengujian kuat tekan beton 7 hari kemudian dikonversi menjadi kuat tekan 28 hari, dengan mengambil ketentuan yang diberikan pada Peraturan Beton Indonesia (PBI). Prosedur pengujian infiltrasi dilakukan berdasarkan standar yang ditetapkan dalam SNI, yang dimodifikasi untuk dilakukan terhadap kubus beton berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Pada pengujian infiltrasi, laju resapan air diukur pada saat benda uji telah jenuh air sehingga laju infiltrasinya sudah konstan, dengan demikian laju infiltrasi yang diperoleh sebetulnya adalah laju perkolasinya, atau koefisien permeabilitasnya.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan beton yang ada di Laboratorium Rekayasa Material Fakultas Teknik Unsrat. Hasil pengujian infiltrasi dan kuat tekan beton yang dilakukan setelah sampel beumur 7 hari diberikan pada Tabel berikut ini.

Asal Agregat	Klasifikasi	Kode Sampel	Laju Peresapan L/det	Permeability (000) mm/jam	Kuat Tekan 7 hari kg/cm ²	Kuat Tekan 28 hari kg/cm ²
KINILOW	HALUS	KH1	0,065	10,40	153,41	236,02
		KH2	0,067	10,72	155,05	238,54
		KH3	0,063	10,08	152,19	234,14
	SEDANG	KS1	0,178	28,48	112	172,31
		KS2	0,181	28,96	107	164,62
		KS3	0,161	25,76	117	180,00
	KASAR	KK1	0,327	52,32	83,28	128,12
		KK2	0,316	50,56	88,79	136,60
		KK3	0,342	54,72	86,14	132,52
LANSOT	HALUS	LH1	0,028	4,48	187,77	288,88
		LH2	0,031	4,96	187,05	287,77
	SEDANG	LS1	0,155	24,80	139,65	214,85
		LS2	0,161	25,76	134,56	207,02
	KASAR	LK1	0,310	49,60	118,35	182,08
		LK2	0,285	45,60	117,53	180,82

I. Interpretasi Hasil Pengujian Infiltrasi dan Kuat Tekan

Hasil pengujian yang diberikan pada Tabel di atas kemudian dibuatkan grafik hubungan antara permeability dan kuat tekan beton. Grafik hubungan antara permeability dan kuat tekan beton tersebut diberikan pada Gambar berikut ini.



Hubungan antara permeability dan kuat tekan beton untuk sampel-sampel yang menggunakan material berbeda (agregat Kinilow dan agregat Lansot) terlihat berbeda dan hasilnya harus disendirikan berdasarkan sumber materialnya. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar di atas bahwa Sampel Kinilow (berwarna biru) memiliki trend sendiri yang berbeda dengan trend hasil pengujian terhadap Sampel Lansot (berwarna merah), sehingga hasil pengujian ini tidak dapat digabung untuk menghasilkan satu grafik saja. Dari hasil grafik ini dapat disimpulkan bahwa jenis material yang berbeda ditinjau dari lokasi material memiliki sifat-sifat dan kondisi yang berbeda dari jenis material yang diambil dari tempat lain, sehingga dalam mendesain campuran beton untuk konstruksi rigid porous pavement harus dibedakan berdasarkan lokasi material, karena sifat-sifat material untuk tiap lokasi adalah unik.

Grafik juga memperlihatkan bahwa secara umum, sampel-sampel beton dengan menggunakan material yang berasal dari lokasi Lansot memiliki tingkat kekuatan yang cukup signifikan di atas tingkat kekuatan sampel-sampel yang menggunakan material yang berasal dari Kinilow. Salah satu penyebabnya adalah nilai keausan pada tes abrasi agregat Lansot jauh di atas nilai keausan agregat Kinilow. Kedua grafik (grafik Lansot dan grafik Kinilow) memperlihatkan hubungan antara permeability dan kuat tekan yakni semakin besar permeabilitynya maka kuat tekan semakin berkurang, dan hubungan ini berupa hubungan trend logaritmik.

J. Komposisi Agregat, Semen dan Air yang Optimal

Hasil-hasil pengujian dari sampel-sampel yang dibuat berdasarkan berbagai variasi dan kombinasi antara agregat, kandungan semen PC dan kandungan air, masing-masing untuk material dari sumbu lokasi Lansot dan Kinilow, yang memberikan nilai optimal untuk kuat tekan dan kapasitas infiltrasi adalah sebagai berikut.

1. Komposisi Agregat, Semen dan Air untuk material ex. Lansot

Ukuran Saringan		Prosentase Agregat
Lolos	Tertahan	
3/4"	1/2"	14
1/2"	3/8"	10
3/8"	# 4	26
# 4	# 8	24
# 8	#16	26
Jumlah		100
Semen PC (% terhadap berat agregat)		25
Air (% terhadap berat semen PC)		38,8

2. Komposisi Agregat, Semen dan Air untuk material ex. Kinilow

Ukuran Saringan		Prosentase Agregat
Lolos	Tertahan	
3/4"	1/2"	14
1/2"	3/8"	10
3/8"	# 4	26
# 4	# 8	24
# 8	#16	26
Jumlah		100
Semen PC (% terhadap berat agregat)		25
Air (% terhadap berat semen PC)		42,3

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Sebagaimana tertuang dalam proposal, bahwa Luaran wajib yang dihasilkan pada tahun I penelitian ini adalah berupa Desain Produk, dalam hal ini adalah Desain Campuran (Mix Design) Perkerasan Kaku Berpori yang Sesuai untuk Wilayah Manado. Mix Design tersebut adalah sebagaimana diberikan pada kedua tabel di atas.

Luaran tambahan yang diberikan dalam proposal adalah Hak Cipta, dalam hal ini adalah Hak Cipta dari Desain Campuran (Mix Design) Perkerasan Kaku Berpori yang Sesuai untuk Wilayah Manado tersebut, yang sudah terdaftar sebagai HKI atas desain produk tersebut pada Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia dengan nomor aplikasi 201943969.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Berdasarkan rencana yang juga dituangkan dalam proposal, maka fokus dari penelitian tahun II adalah pada pekerjaan lapangan. Mitra direncanakan nanti dilibatkan dalam pekerjaan lapangan tersebut, dimana Mitra direncanakan akan memberikan bantuan *in-kind* berupa pembuatan beton berpori ready mix yang diproduksi di base camp mereka untuk digunakan di lapangan dan bantuan peralatan (alat berat) yang nanti dibutuhkan dalam pekerjaan lapangan tersebut.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Penelitian tahun pertama ini tidak mengalami kendala yang berarti untuk dilaporkan

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Rencana pada tahapan berikutnya adalah rencana pelaksanaan Tahun II, nantinya meskipun tetap ada pekerjaan laboratorium tapi pekerjaan akan difokuskan pada pekerjaan lapangan. Beton berpori akan diproduksi dalam bentuk modul-modul, setelah dilakukan uji laboratorium terhadap modul-modul tersebut, maka akan diinstal di lapangan. Disamping penelitian pada tahun kedua akan menguji produk pada lingkungan sebenarnya di lapangan, juga akan dilakukan studi kelayakan (feasibility study). Pekerjaan pada Tahun II akan mengikuti urutan dan jadwal sebagai berikut:

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pengadaan material pokok, yaitu agregat dan semen PC sebagai bahan pengikat				X								
2	Pengadaan bahan tambahan campuran beton (serat polypropylene, serat alam, dan bahan untuk mempercepat pengerasan beton)				X								
3	Pengadaan dan penyiapan alat-alat bantu di laboratorium					X							
4	Membuat mix desain campuran beton modular porous pavement mengacu pada mix desain tahun I, tapi dengan menambahkan berbagai komposisi bahan additive dan serat						X						
5	Pembuatan sampel-sampel beton modular porous pavement di laboratorium berdasarkan mix desain di atas						X						
6	Melakukan pengujian kuat tekan di laboratorium terhadap sampel-sampel beton yang dibuat							X					
7	Melakukan pengujian laju infiltrasi dengan menggunakan ring infiltrometer terhadap sampel-sampel yang dibuat							X					
8	Melakukan analisis terhadap hasil pengujian kuat tekan dan hasil pengujian laju infiltrasi dan menetapkan variasi/komposisi bahan additive dan serat yang optimal							X					
9	Pembuatan sampel-sampel beton modular porous pavement di laboratorium untuk uji laboratorium dan uji lapangan								X				
10	Set up modular porous pavement di lapangan								X				
11	Melakukan pengujian kuat tekan di laboratorium dan lapangan terhadap sampel-sampel modular beton yang dibuat									X			
12	Melakukan pengujian laju infiltrasi dengan menggunakan ring infiltrometer di laboratorium dan tes resapan di lapangan terhadap sampel-sampel yang dibuat									X			
13	Melakukan analisis terhadap hasil pengujian kuat tekan dan hasil pengujian laju infiltrasi baik di laboratorium maupun di lapangan dan menetapkan variasi/komposisi bahan additive dan serat yang optimal										X		

14	Melakukan survey untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk analisa feasibility study									X			
----	---	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Brown, R., (2005), 'Impediments to Integrated Urban Stormwater Management: The Need for Institutional Reform', *Environmental Management*, Vol. 36, No. 3, pp. 455-468.
2. Ginting, A., (2015), 'Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus' dalam *Proceeding Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi Ke 10 (ReTII 2015)*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta, pp. 377-383
3. Hanova, Y., Franchitika, R., dan Nanda, (2018), Pengaruh Campuran Gradasi Agregat terhadap Permeabilitas Beton Porous pada Aplikasi Lantai Laboratorium, *Review in Civil Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 86-89
4. Mangangka, I. R., (2017), 'The Use of Local Aggregate for Eco-Drainage Component, Rigid Porous Pavement' dalam *Proceeding The 1st Annual International Conference on Engineering (AICE 2017)*, Sam Ratulangi University, Manado 3 November 2017
5. Marolf, A., Neithalath, N., Sell, E., Wegner, K., Weiss, J., and Olek, J., (2004), 'Influence of aggregate size and gradation on acoustic absorption of Enhanced Porosity Concrete', *Aci Materials Journal*, Vol. 101 No. 1, pp. 82-91
6. Nmai, C. K., Suchorski, D. M., McDowell, P. L., (1999), *Aggregates for Concrete*, ACI Education Bulletin E1-99.
7. Pratomo, E. P., Setyawan, A., Djumari, (2016), Pengaruh Gradasi terhadap Porositas dan Kuat Tekan Beton Berpori, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 3, pp. 723-731
8. Wong, T. H. F., (2006), *Australian runoff quality: a guide to water sensitive urban design*, Crows Nest, N.S.W.: Engineers Media for Australian Runoff Quality Authorship Team, Institution of Engineers Australia.



PROTEKSI ISI PROPOSAL

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi proposal ini dalam bentuk apapun kecuali oleh pengusul dan pengelola administrasi penelitian

PROPOSAL PENELITIAN 2018

ID Proposal: 92185aeb-ec8e-488e-bd47-d71b8ce048ea

Rencana Pelaksanaan Penelitian: tahun 2019 s.d. tahun 2020

1. JUDUL PENELITIAN

Optimalisasi Desain Campuran 'Modular Porous Pavement' yang Sesuai untuk Wilayah Manado

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Manajemen Penanggulangan Kebencanaan dan Lingkungan	-	Penguatan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim global	Teknik Lingkungan

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	SBK Riset Terapan	SBK Riset Terapan	6	2

2. IDENTITAS PENGUSUL

Peran	Nama	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	ID Sinta	H-Index
Ketua Pengusul	ISRI RONALD MANGANGKA	Universitas Sam Ratulangi	Teknik Lingkungan	5974252	2
Anggota Pengusul 1	Ir RONNY ESTEFANUS PANDALEKE M.T	Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil	6200675	0
Anggota Pengusul 3	Dr. Ir LIANY AMELIA HENDRATTA M.Si	Universitas Sam Ratulangi	Teknik Sipil	6123953	0

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Desain	produk	Desain produk modular porous pavement
2	Dokumen Feasibility Study	Ada/Tersedia	Studi kelayakan sudah selesai

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Hak Cipta	terdaftar	HKI atas desain produk
2	Paten Sederhana	terdaftar	Paten sederhana atas prototipe produk

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya PPM mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

Total RAB 2 Tahun Rp. 357,850,000

Tahun 1 Total Rp. 174,950,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas lab 2	jam	320.00	15,000	4,800,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor tenaga administrasi	jam	640.00	15,000	9,600,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas lapangan	jam	320.00	15,000	4,800,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas lab 1	jam	320.00	15,000	4,800,000
BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAINNYA	Sewa kendaraan	hari	40.00	550,000	22,000,000
BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAINNYA	Sewa peralatan lab	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Perlengkapan laboratorium lainnya	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Bahan additive beton, pengeras, dll.	Ls	1.00	17,500,000	17,500,000
BELANJA BAHAN	Batu pecah 1" - 3"	m3	16.00	750,000	12,000,000
BELANJA BAHAN	Penggandaan laporan2	buku	22.00	50,000	1,100,000
BELANJA BAHAN	Pembelian pulsa telpon	minggu	26.00	50,000	1,300,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
BELANJA BAHAN	Pengadaan/pembuatan Automatic Water Delivery System menggunakan Mariotte siphon	buah	1.00	14,000,000	14,000,000
BELANJA BAHAN	Biaya internet	bulan	5.00	300,000	1,500,000
BELANJA BAHAN	Biaya foto copy	Ls	1.00	1,650,000	1,650,000
BELANJA BAHAN	Pengadaan/pembuatan doble ring infiltrometer	buah	2.00	8,000,000	16,000,000
BELANJA BAHAN	Bahan lainnya	Ls	1.00	2,000,000	2,000,000
BELANJA BAHAN	Serat Polypropilene utk beton	Ls	1.00	15,000,000	15,000,000
BELANJA BAHAN	Semen PC	zak	50.00	65,000	3,250,000
BELANJA BAHAN	Alat tulis menulis (ATK)	Ls	1.00	3,500,000	3,500,000
BELANJA BAHAN	Batu pecah split < 1"	m3	16.00	900,000	14,400,000
BELANJA BAHAN	Pengadaan data curah hujan	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Penggandaan proposal	buku	7.00	50,000	350,000
BELANJA PERJALANAN LAINNYA	Lumpsum	hari	4.00	500,000	2,000,000
BELANJA PERJALANAN LAINNYA	Akomodasi	hari	4.00	850,000	3,400,000
BELANJA PERJALANAN LAINNYA	Tiket Perjalanan mengikuti konferensi	tiket pp	1.00	5,000,000	5,000,000

Tahun 2 Total Rp. 182,900,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas lapangan	jam	320.00	15,000	4,800,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas lab 1	jam	320.00	15,000	4,800,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas survey	jam	320.00	15,000	4,800,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor tenaga administrasi	jam	640.00	15,000	9,600,000
HONOR OUTPUT KEGIATAN	Honor petugas lab 2	jam	320.00	15,000	4,800,000
BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAINNYA	Sewa peralatan lab	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAINNYA	Sewa kendaraan	hari	40.00	550,000	22,000,000
BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAINNYA	Sewa water truck	hari	15.00	1,500,000	22,500,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
BELANJA BAHAN	Biaya pendaftaran HKI	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Pengadaan bahan pendukung uji lapangan	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Biaya pengaturan lalu lintas	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Penyiapan bahan dan peralatan uji lapangan	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Bahan lainnya	Ls	1.00	1,100,000	1,100,000
BELANJA BAHAN	Biaya foto copy	Ls	1.00	750,000	750,000
BELANJA BAHAN	Biaya internet	bulan	5.00	300,000	1,500,000
BELANJA BAHAN	Pembelian pulsa telpon	minggu	26.00	50,000	1,300,000
BELANJA BAHAN	Penggandaan laporan2	buku	21.00	50,000	1,050,000
BELANJA BAHAN	Penggandaan proposal	buku	7.00	50,000	350,000
BELANJA BAHAN	Batu pecah 1" - 3"	m3	16.00	750,000	12,000,000
BELANJA BAHAN	Alat tulis menulis (ATK)	Ls	1.00	3,500,000	3,500,000
BELANJA BAHAN	Serat Polypropilene utk beton	Ls	1.00	15,000,000	15,000,000
BELANJA BAHAN	Batu pecah split < 1"	m3	16.00	900,000	14,400,000
BELANJA BAHAN	Bahan additive beton, pengeras, dll.	Ls	1.00	17,500,000	17,500,000
BELANJA BAHAN	Perlengkapan laboratorium lainnya	Ls	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA BAHAN	Semen PC	zak	50.00	65,000	3,250,000
BELANJA PERJALANAN LAINNYA	Akomodasi	hari	4.00	850,000	3,400,000
BELANJA PERJALANAN LAINNYA	Tiket Perjalanan mengikuti konferensi	tiket pp	1.00	5,000,000	5,000,000
BELANJA PERJALANAN LAINNYA	Lumpsum	hari	4.00	500,000	2,000,000