REVISI KONFIGURASI AKUISISI 3D · TERMIN 3 · WK WAILAWI

Konfigurasi K1–K4: desain, iluminasi, dan sumber energi

Empat konfigurasi pada satu template 3.360 SP × 6.720 RP, hasil iluminasi di tiga horizon target, lalu dua keputusan sumber: volume charge eksplosif dan kekuatan vibroseis.

PT Benuo Taka Wailawi · Kalimantan Timur

29 Oktober 2026

Ray tracing 2.150.400 ray per konfigurasi
Grid CRP 100 m · bin CMP 20 m

Empat konfigurasi, satu template

Yang berubah hanya populasi titik dan posisinya — geometri dasar, bin, dan fold nominal tetap

Konfigurasi	Aturan	SP aktif	RP aktif	Median fold CMP	Fold proxy UPM
K1 Normal (baseline)	Tidak ada penghapusan	3.360	6.720	224	234,6
K2 Kilang dihilangkan	Titik di dalam pagar kilang dihapus	3.139	6.284	193	209,4
K3 Semua zona kendala	Kilang, pemukiman, sungai, jalan, ROW PHKT	2.688	5.963	151	158,8
K4 Hibrida — vibroseis di jalan	Titik kembali: vibroseis di jalan, kordon kilang, 100 SP infill South Wailawi, RP direlokasi	3.360	6.720	222	235,3

Fold nominal tetap 140 (Cordsen et al. 2000). Fold proxy = hit count per sel 100 m dari ray tracing stride 2 — sebanding antar konfigurasi, bukan fold absolut.

K4 bukan K3 yang ditambal

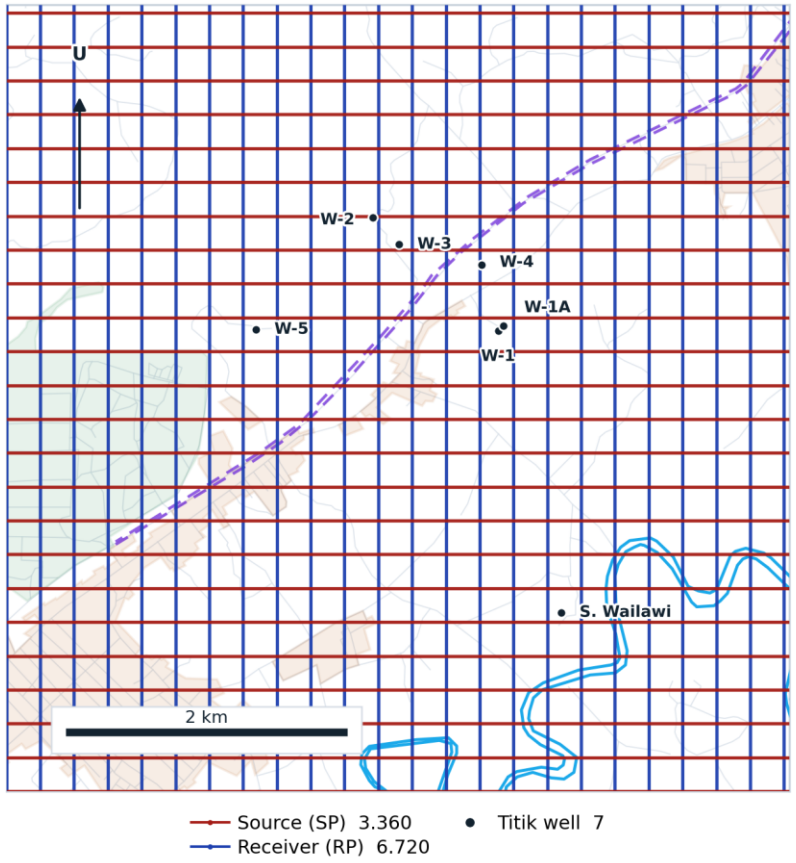
K3 kehilangan 672 SP dan 757 RP. K4 mengembalikan angka nominal penuh 3.360 SP dan 6.720 RP tanpa satu titik pun di dalam zona terlarang: sumber dipindah ke koridor jalan sebagai vibroseis, sebagian ke infill di atas South Wailawi, kilang dipulihkan lewat kordon di luar pagar.

Sumber: configs_out/*/report.json · export/wailawi_K*.json

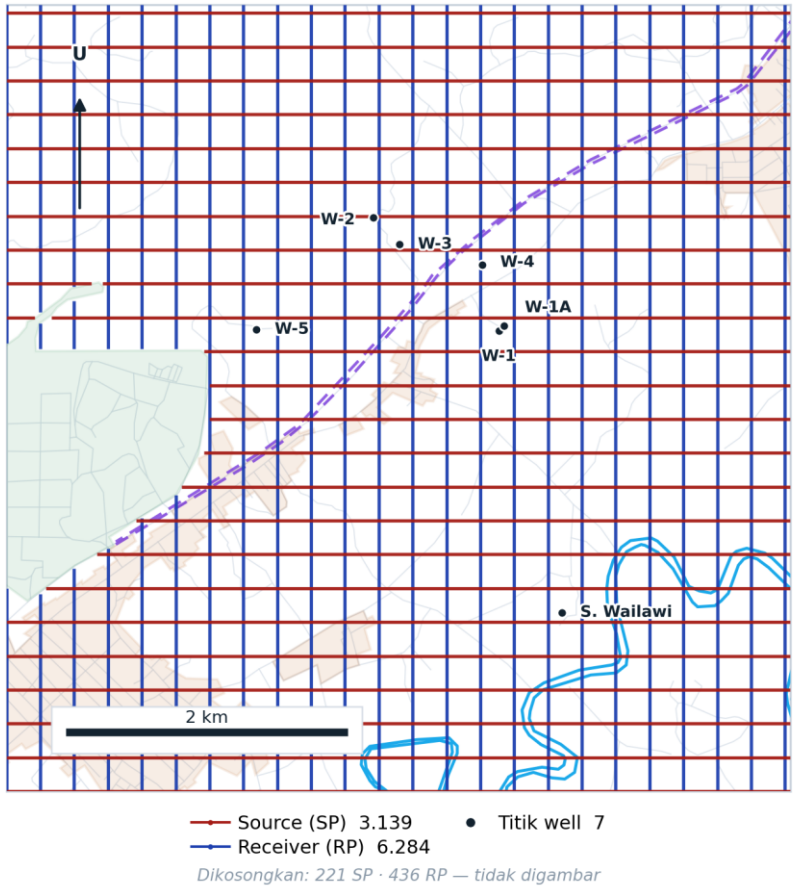
Desain SP dan RP — K1 dan K2

K1 adalah baseline penuh; K2 hanya kehilangan titik di dalam pagar kilang

K1 — Normal (baseline)



K2 — Kilang dihilangkan



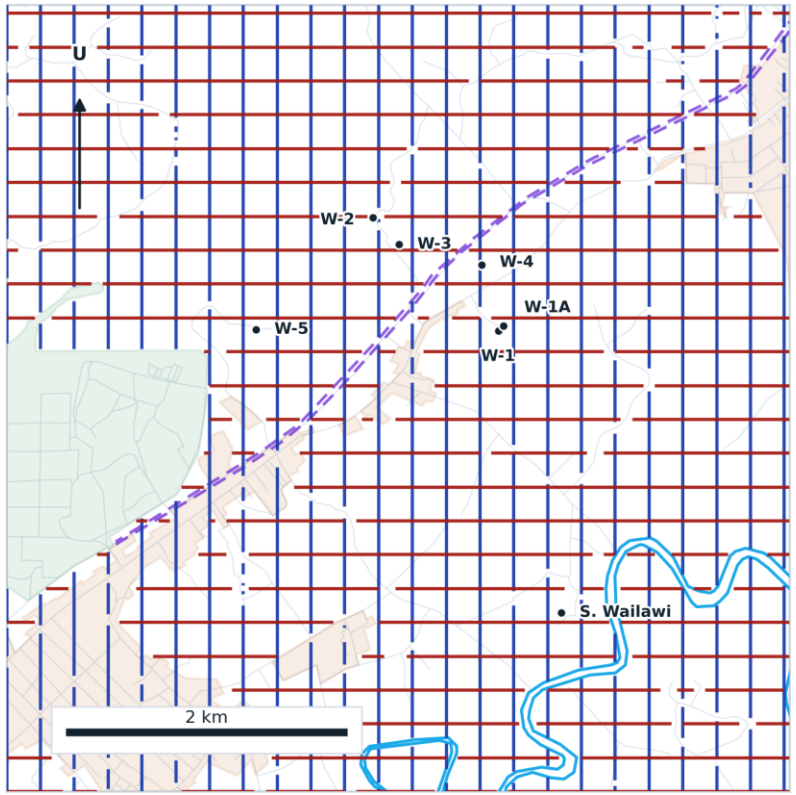
Garis merah = source (SP) · garis biru = receiver (RP) · titik hitam = well. Hanya titik aktif yang digambar, jadi zona yang dikosongkan tampil kosong tanpa garis.

Sumber: export/wailawi_K*.json · geometri zona dari exclusion_layers_data.js

Desain SP dan RP — K3 dan K4

K3 kehilangan 672 SP dan 757 RP; K4 mengembalikan semuanya tanpa masuk zona terlarang

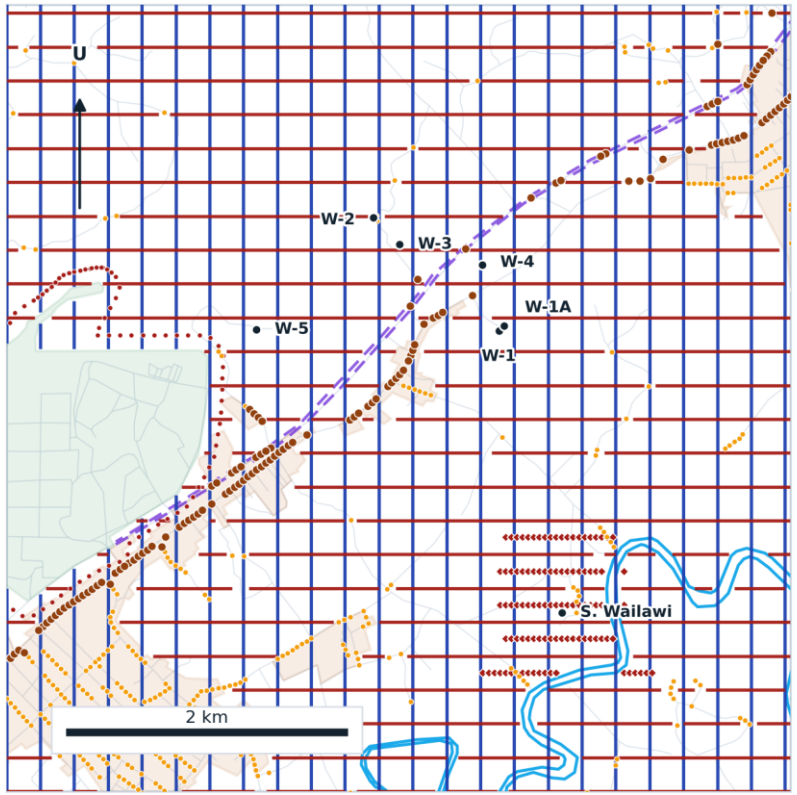
K3 — Semua zona kendala



Source (SP) 2.688 · Titik well 7
Receiver (RP) 5.963

Dikosongkan: 672 SP · 757 RP — tidak digambar

K4 — Hibrida — vibroseis di jalan



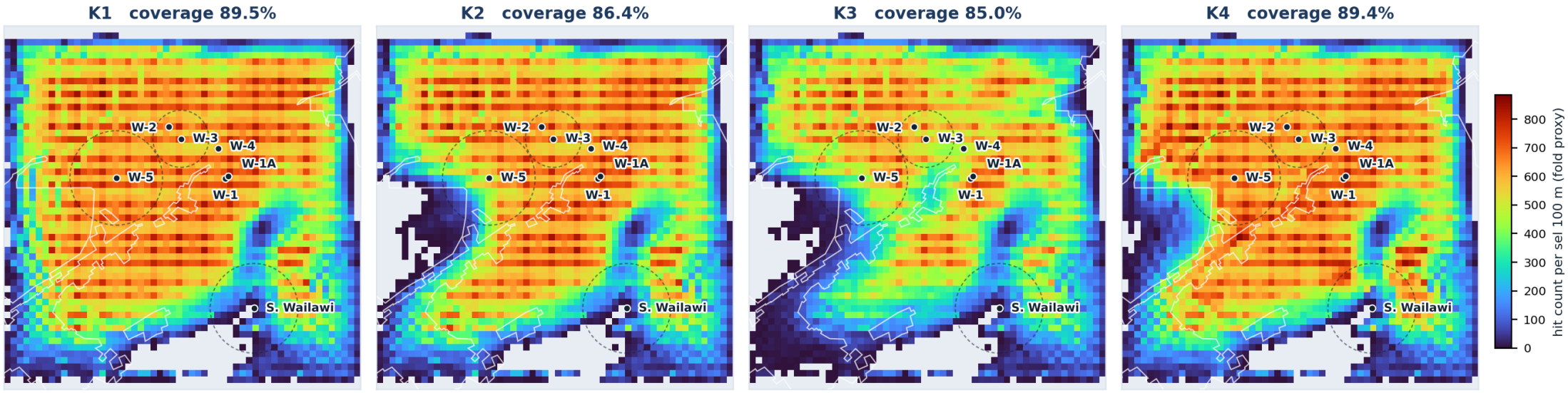
Source (SP) 2.909 · Vib 26.000 lbf 137
Receiver (RP) 6.720 · Titik well 7
Vib 15.000 lbf 314

K4: 3.360 SP aktif — 2.688 eksplosif template + 121 kordon kilang + 100 infill South Wailawi, dan 451 vibroseis (314 unit 15.000 lbf, 137 unit 26.000 lbf). Garis biru muda = sungai; tidak ada titik vibroseis di atau dekat sungai.

Sumber: export/wailawi_K*.json · geometri zona dari exclusion_layers_data.js

Iluminasi horizon UBI — 908 m

Pola terang-gelap bertahan di semua konfigurasi; yang berubah level, bukan letak



mean fold proxy 394 · puncak 873

mean fold proxy 351 · puncak 873

mean fold proxy 279 · puncak 847

mean fold proxy 383 · puncak 884

K2 TERHADAP K1

-3,1 pp coverage

Efek terkurung di ring kilang; fold proxy hanya turun 10,9%,

K3 TERHADAP K1

-4,5 pp coverage

Fold proxy turun ke 71% K1. Penurunan terbesar di koridor jalan dan tepi pemukiman.

K4 TERHADAP K1

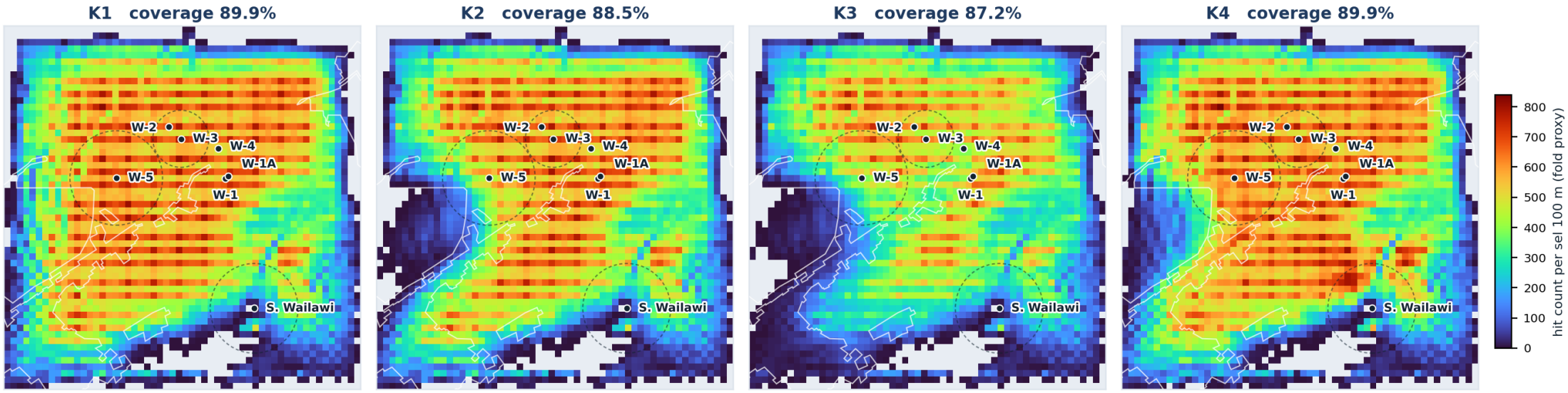
-0,1 pp coverage

Fold proxy 97,3% K1, Lubang iluminasi selalu di tepi barat-daya dan sudut tenggara, di luar footprint sumber. Tidak ada konfigurasi yang menutupnya, dan tidak ada yang membukanya.

Ray tracing 2.150.400 ray, stride 2, kipas 64 × 20, grid CRP 100 m · ● titik well = lokasi permukaan, ○ simpangan maksimum dasar sumur: W-3 439 m, S. Wailawi 690 m, W-5 727 m

Iluminasi horizon MBE — 1.212 m

Pola terang-gelap bertahan di semua konfigurasi; yang berubah level, bukan letak



mean fold proxy 353 · puncak 821

mean fold proxy 312 · puncak 818

mean fold proxy 242 · puncak 785

mean fold proxy 346 · puncak 839

K2 TERHADAP K1

-1,3 pp coverage

Efek terkurung di ring kilang; fold proxy hanya turun 11,7%,

K3 TERHADAP K1

-2,7 pp coverage

Fold proxy turun ke 69% K1. Penurunan terbesar di koridor jalan dan tepi pemukiman.

K4 TERHADAP K1

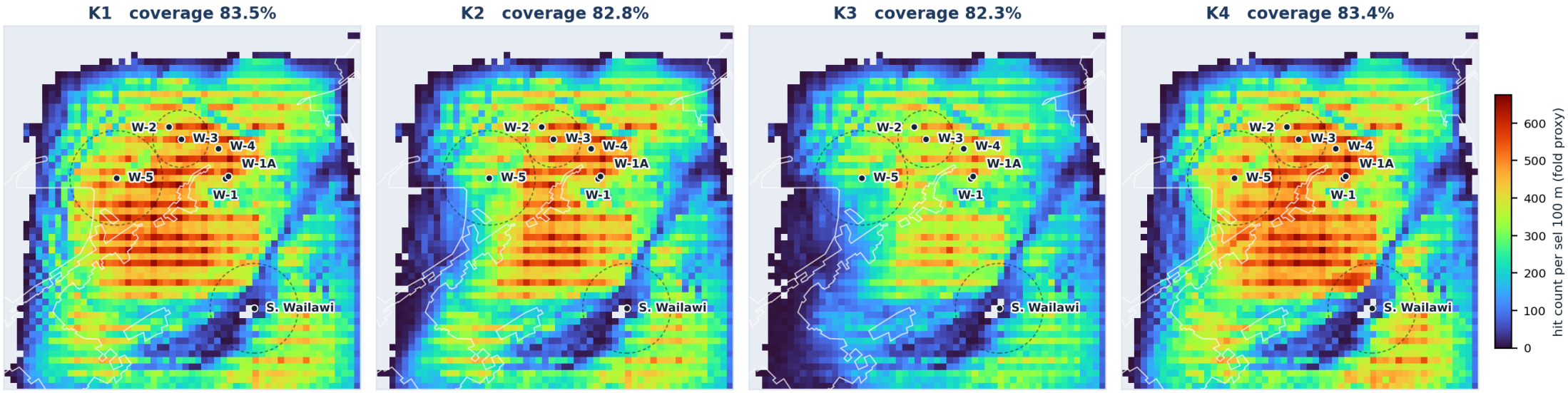
+0,0 pp coverage

Fold proxy 98,0% K1, Ring kilang terlihat sebagai pita gelap di K2 dan K3. Karena K4 menaruh kembali sumber di sekeliling pagar, pita itu hilang tanpa satu titik di dalam kilang.

Ray tracing 2.150.400 ray, stride 2, kipas 64 × 20, grid CRP 100 m · ● titik well = lokasi permukaan, ○ simpangan maksimum dasar sumur: W-3 439 m, S. Wailawi 690 m, W-5 727 m

Iluminasi horizon UPM — 1.958 m

Pola terang-gelap bertahan di semua konfigurasi; yang berubah level, bukan letak



mean fold proxy 235 · puncak 673

mean fold proxy 209 · puncak 650

mean fold proxy 159 · puncak 570

mean fold proxy 235 · puncak 675

K2 TERHADAP K1

-0,7 pp coverage

Efek terkurung di ring kilang; fold proxy hanya turun 10,7%,

K3 TERHADAP K1

-1,2 pp coverage

Fold proxy turun ke 68% K1. Penurunan terbesar di koridor jalan dan tepi pemukiman.

K4 TERHADAP K1

-0,1 pp coverage

Fold proxy 100,3% K1, Horizon terdalam paling terpukul: K3 kehilangan sepertiga fold proxy. K4 kembali ke level K1 karena jumlah sumbernya penuh lagi, bukan karena geometrinya berubah.

Ray tracing 2.150.400 ray, stride 2, kipas 64 × 20, grid CRP 100 m · ● titik well = lokasi permukaan, ○ simpangan maksimum dasar sumur: W-3 439 m, S. Wailawi 690 m, W-5 727 m

Zona gelap di sekitar South Wailawi

Bukan karena konfigurasi, dan bukan karena dip curam — apertur offset pendek di tepi selatan

UBI — 908 M

173 → 227

hit count di kotak sumur · +31% dari infill

MBE — 1.212 M

210 → 271

hit count di kotak sumur · +29% dari infill

UPM — 1.958 M

226 → 265

hit count di kotak sumur · +17% dari infill

Yang datanya katakan

- Sebelum infill, K1 dan K4 **identik** di kotak ini — 173 berbanding 173. Jadi defisitnya bukan efek konfigurasi K3/K4.
- Defisit terbesar di **UBI** (39% dari rata-rata) dan mengecil ke UPM (80%) — pola apertur offset pendek di tepi selatan, bukan bayangan struktur.
- Dip di kotak itu justru **lebih landai** dari rata-rata: 7.8° berbanding 14.4°.

Di mana dip curam benar-benar menggigit

- Di UPM sel gelap punya dip p50 **16.8°** berbanding 15.3° di sel terang — bayangan struktur memang ada, tetapi tersebar di sayap, bukan di sekitar sumur.
- Kemiringan maksimum 64° ada di E 466.780 / N 9854.900, di barat laut — di situ iluminasi turun walau fold nominal penuh.
- Konsekuensinya: menambah sumber di dekat sumur memperbaiki horizon dangkal, tidak bisa menutup defisit UPM di tepi.

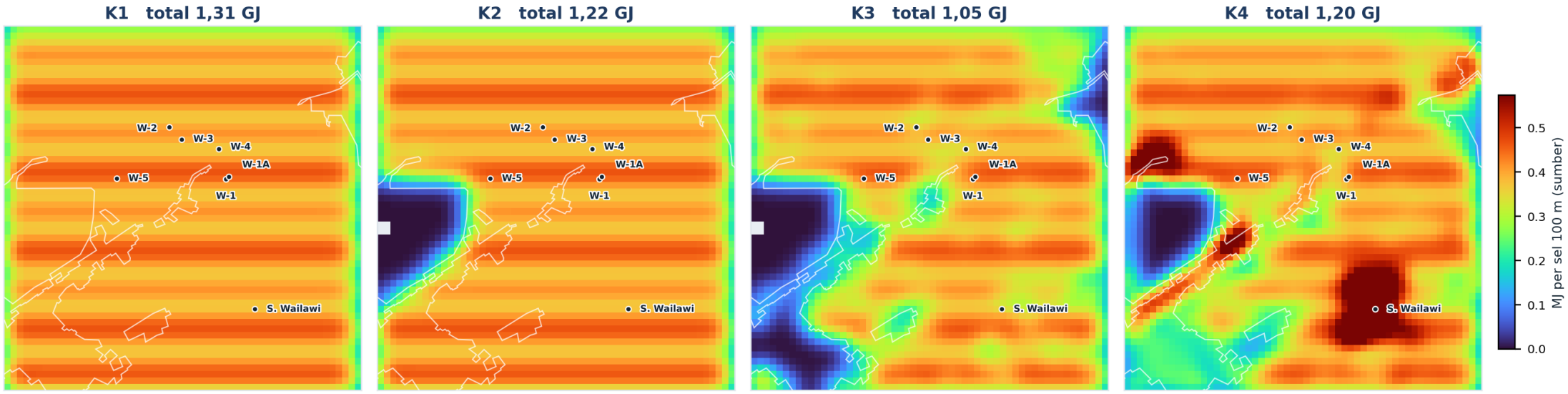
Tindakan di K4: 100 SP infill di atas sumur

Lima garis infill berjarak 120 m dari garis sumber nominal, 20 stasiun per garis, menaikkan kerapatan sumber lokal dari 240 m ke 120 m pada 1.200 × 960 m. Hasil ray tracing: **+31% di UBI, +29% di MBE, +17% di UPM** di kotak itu, sementara rata-rata area tidak berubah. Titiknya diambil dari kordon kilang yang dijarangkan dari 221 ke 121 — templat nominal 3.360 SP tetap.

maps_*.npz · configs_out/normal dan configs_out/k4road · dip dari gradien grid horizon 100 m

Energi permukaan — sisi sumber

K1–K3 menaruh 3 kg di setiap titik; K4 memakai tangga charge, jadi totalnya hanya 0,4 dB lebih rendah walau titiknya penuh



10,08 t eksplosif · +0,0 dB vs K1

9,42 t eksplosif · -0,3 dB vs K1

8,06 t eksplosif · -1,0 dB vs K1

7,83 t eksplosif · -0,4 dB vs K1

PER TITIK

661 kJ

Charge 3 kg = 390 kJ. 2 × 26.000 lbf = 661 kJ, jadi 1,7× charge — vibrator besar bukan sumber lemah, hanya menyebar 96 s. 2 × 15.000 lbf = 208 kJ, 0,53×.

K4 TERHADAP K1

-0,4 dB

K1 1,3 GJ · K2 1,2 GJ · K3 1,0 GJ · K4 1,2 GJ. K4 memakai tangga charge yang lebih konservatif, tetapi tetap menaruh energi lebih banyak daripada K3 — 672 titik lebih.

TANGGA CHARGE DI SEMUA KONFIGURASI

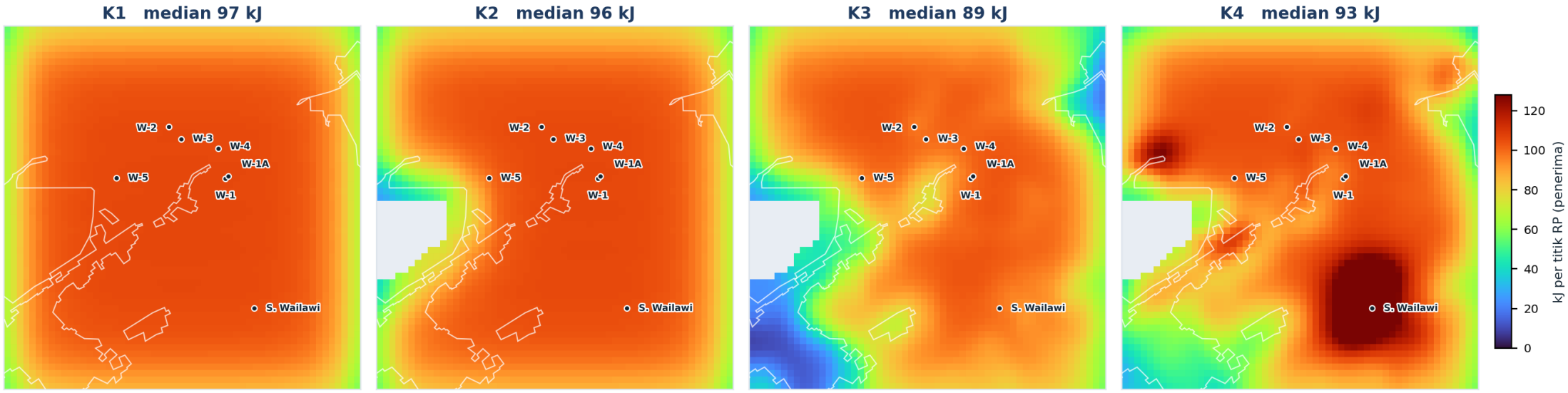
+1,0 dB

K1 1,11 · K2 1,03 · K3 0,95 · K4 1,20 GJ. Keunggulan K4 datang dari titik yang kembali, bukan dari charge yang lebih besar.

E = m · 4,0 MJ/kg · 5 % elastik · 65 % Rayleigh · vibrator P = $F^2/2Z$ · 143 SP K4 yang tangga charge-nya 0 kg dihitung sebagai vibrator 15.000 lbf

Energi permukaan — sisi penerima

Yang tiba di RP: K4 kehilangan paling banyak di koridor kampung, dan paling sedikit tepat di atas infill



p10 75 · p90 118 kJ · +0,00 dB

p10 73 · p90 117 kJ · -0,03 dB

p10 43 · p90 109 kJ · -0,37 dB

p10 53 · p90 118 kJ · -0,19 dB

K1 — ACUAN

97 kJ

Median energi permukaan yang tiba di satu RP; p10 75 kJ, p90 118 kJ. Rentangnya hanya ~2 dB karena setiap RP selalu punya garis sumber terdekat.

K2 DAN K3

-0,03 / -0,37 dB

Kehilangan terkonsentrasi di ring kilang dan koridor barat-daya, bukan di seluruh area: median hampir tidak bergerak karena RP yang tersisa masih dikelilingi sumber.

K4

-0,20 dB · p10 -1,6 dB

Koridor kampung dan jalan kehilangan paling banyak: 307 titik kampung semuanya unit 15.000 lbf, 0,53× charge 3 kg. Di atas infill South Wailawi justru naik — itu yang menahan p10 hanya di −1,5 dB.

$E_R = \Sigma E_j \cdot \exp(-2\alpha r)/r$, $\alpha = \pi f/(Q \cdot v_R)$ = 20 dB/km pada f 10 Hz dan Q 30 · sumber di luar 3 km diabaikan

Ringkasan angka empat konfigurasi

Semua angka diukur pada jalur ray yang sama; tidak ada yang diketik dari perkiraan

	Median fold CMP	Mean fold CMP	Cov UBI	Cov MBE	Cov UPM	Fold proxy UPM	Rasio K1
K1	224	289	89,5%	89,9%	83,5%	234,6	100,0%
K2	193	252	86,4%	88,5%	82,8%	209,4	89,3%
K3	151	205	85,0%	87,2%	82,3%	158,8	67,7%
K4	222	288	89,4%	89,9%	83,4%	235,3	100,3%

Horizon	Kedalaman	TWTT	Offset p50	Insidensi p50	Azi R p95 (K1)
UBI	908 m	1,00 s	627 m	21.2°	0.60
MBE	1.212 m	1,26 s	850 m	24.7°	0.60
UPM	1.958 m	1,87 s	1.388 m	23.3°	0.50

Pasangan CMP yang jatuh di luar template nominal (titik kordon dan line-end K4): 0,23% — tidak dihitung.

BACAAN

K4 mengembalikan **100%** fold proxy UPM K1 dan **83,4%** coverage — di atas K2, praktis sama dengan K1 — dengan seluruh titik di luar zona terlarang. Coverage bukan masalah utama: yang hilang di K3 adalah level sinyal, bukan luas.

CMP fold = semua pasangan SP × RP aktif pada bin 20 m · fold proxy = hit count per sel 100 m

Charge eksplosif: apa yang dikatakan referensi

Tiga sumber, tiga hal berbeda: pemilihan charge, spektrum, dan radius aman

PEMILIHAN CHARGE

Cordsen et al. (2000) §6.1

Charge terbaik adalah yang memberi S/N maksimum di kedalaman target. Target lebih dalam menuntut charge lebih besar, tetapi charge besar menaikkan ground roll dan air blast serta menurunkan frekuensi. Yang dilarang: charge sampai lubang blow-out — energi keluar lewat semburan, bukan lewat batuan.

Target UPM 1.958 m ada di ujung jangkauan: 1 kg terlalu tipis, 3 kg mulai mahal secara jarak.

SPEKTRUM TERUKUR

Sepanjang 2D, Bolton (2005)

Charge 8 lb (3,6 kg) di lubang 15 m menghasilkan frekuensi dominan 25 Hz di target, dengan ground roll kuat. Menambah kedalaman lubang ke 30 m menekan ground roll jauh lebih efektif daripada mengecilkan charge.

Angka 25 Hz itu dipakai sebagai jangkar kalibrasi $f \propto W^{-1/3}$, bukan sebagai rekomendasi charge.

RADIUS AMAN

Handil 3D, IPA12-G-167

Ambraseys–Hendron terkalibrasi di Kalimantan: $PVS = 210\,(R/Q^{1/3})^{-0{,}72}$. Charge 250 g memberi radius aman 70 m pada batas 7 mm/s (SNI 7571:2010, rumah struktur sedang).

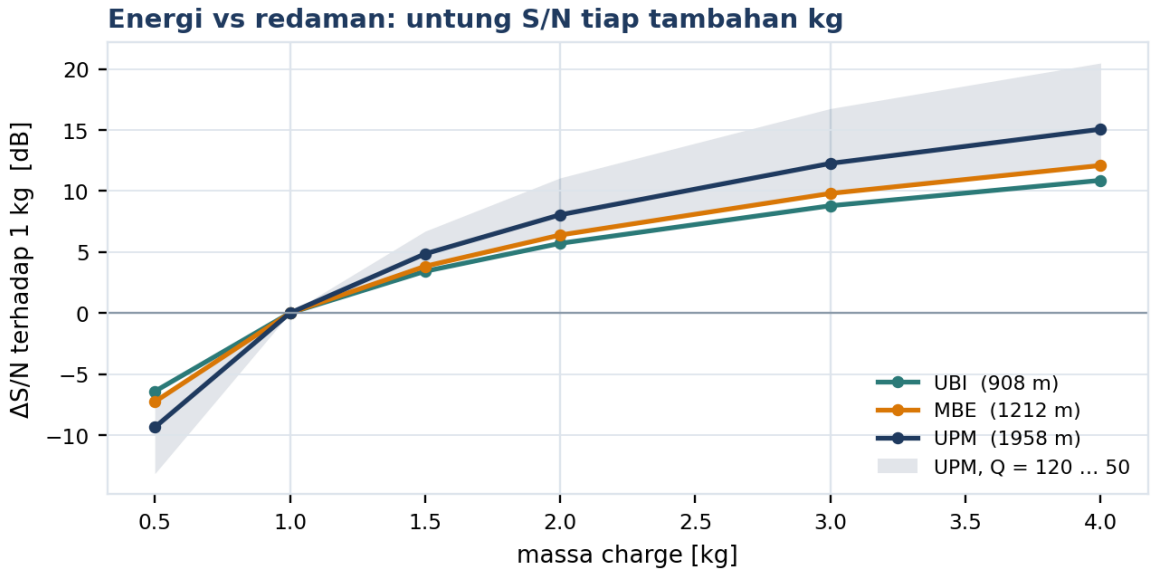
Radius tumbuh $Q^{1/3}$: dari 1 kg ke 3 kg hanya ×1,44 — tetapi 113 m menjadi 162 m.

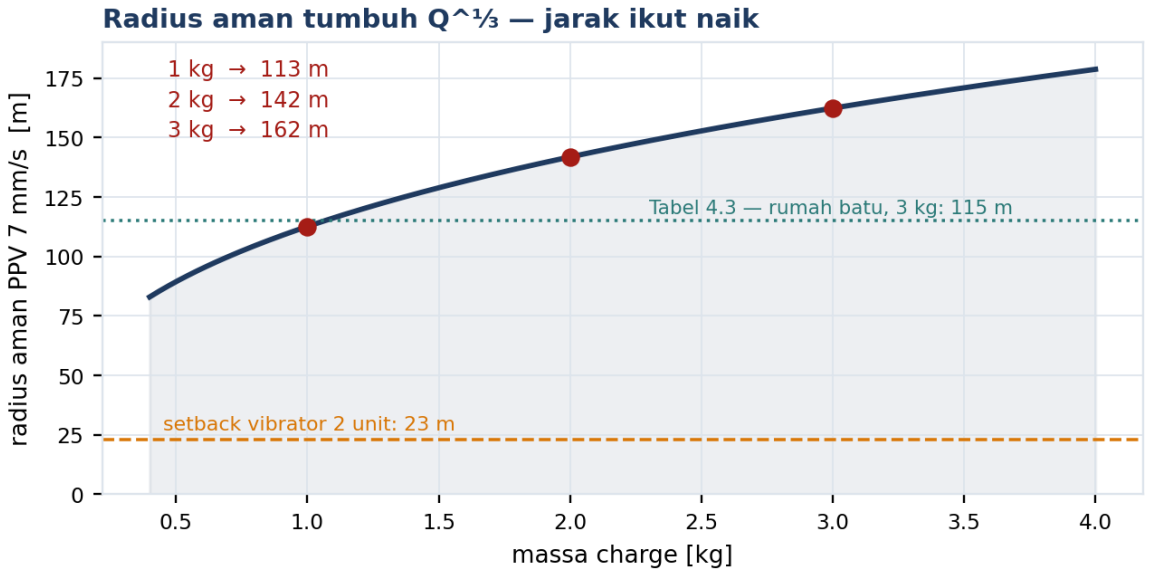
YANG DIPAKAI DI SLIDE BERIKUT

Tiga asumsi eksplisit: **A1** amplitudo jauh $A \propto W^{1/2}$ (energi sumber ∝ massa charge); **A2** frekuensi dominan $f \propto W^{-1/3}$, dikalibrasi agar 3,6 kg = 25 Hz; **A3** serapan $\exp(-\pi f t / Q)$ sepanjang waktu tempuh nyata. Q diuji 50–120 sehingga kesimpulan tidak bergantung satu angka.

Charge: perhitungan di kedalaman target

Untung energi dibanding biaya redaman, dan harga jarak yang harus dibayar





Charge	f dominan	ΔS/N UBI	ΔS/N MBE	ΔS/N UPM	λ/4 UPM	Radius 7 mm/s	PPV @ 23 m
1 kg	38 Hz	+0,0 dB	+0,0 dB	+0,0 dB	23 m	113 m	22 mm/s
2 kg	30 Hz	+5,7 dB	+6,4 dB	+8,1 dB	29 m	142 m	26 mm/s
3 kg	27 Hz	+8,8 dB	+9,8 dB	+12,3 dB	33 m	162 m	29 mm/s

ΔS/N dihitung terhadap 1 kg pada geometri yang sama (offset p50 dan waktu tempuh nyata tiap horizon). PPV dihitung pada jarak 23 m — setback yang dipakai vibrator 2 unit.

Sumber: out_source_study/source_numbers.json · model kecepatan 2000/2500/3000/3500 m/s

Charge: rekomendasi

Satu angka dasar, satu tangga pengecualian yang ditentukan jarak ke pemukiman

CHARGE DASAR

2 kg

+8,1 dB di UPM, radius 142 m

Charge 2 kg memberi hampir seluruh manfaat 3 kg (**+8,1 dari +12,3 dB**) dengan radius aman 142 m, bukan 162 m, dan frekuensi dominan 30 Hz, bukan 27 Hz. Selisih 20 m radius itulah yang menentukan apakah sebuah titik masih boleh 3 kg atau harus turun ke 2 kg.

Jarak ke batas pemukiman	Charge maksimum	Jumlah SP K4
≥ 162 m	3 kg	2.543
142 – 162 m	2 kg	35
113 – 142 m	1 kg	65
60 – 113 m	0,5 kg	123
< 60 m	vibroseis saja	143

Aturan operasional: charge ditentukan per titik dari jarak terukur ke poligon pemukiman, dicetak di lembar SP. Bukan satu angka untuk seluruh blok.

KENAPA TANGGA, BUKAN SATU ANGKA

- 2.543 dari 2.909 titik eksplosif K4 berada ≥ 162 m dari pemukiman — 3 kg aman di sana.
- 269 titik berada di bawah 115 m. Di sini 3 kg melanggar Tabel 4.3 proyek sendiri.
- Di bawah 60 m tidak ada charge yang memenuhi 7 mm/s. Titik itu harus menjadi vibrator, bukan eksplosif yang diperkecil.

BILA 3 KG DIPAKAI DI SEMUA TITIK

366 titik melanggar radius 7 mm/s, 67 di antaranya berada di bawah 23 m dari rumah — jarak yang bahkan tidak lolos untuk vibrator.

Vibroseis: dua ukuran unit, satu persamaan

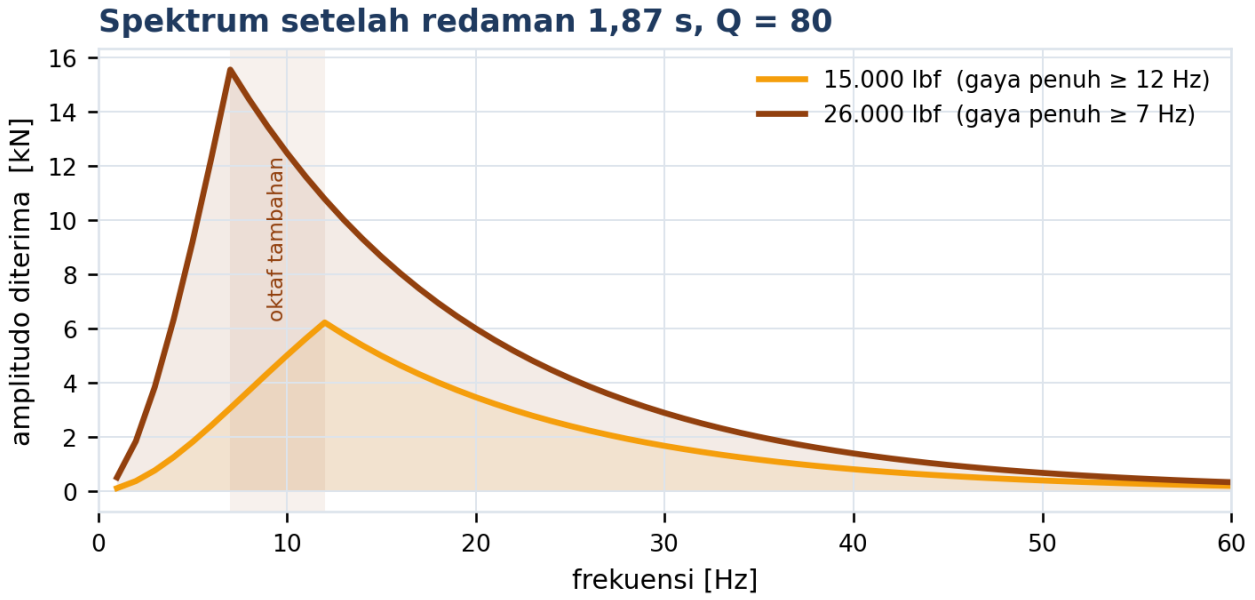
Selisih 15.000 dan 26.000 lbf bukan hanya gaya — unit besar memegang gaya penuh sampai frekuensi lebih rendah

PERSAMAAN 6.2 — CORDSEN

$$\Delta S/N = 20 \log_{10}[\, N \cdot FGF \cdot \sqrt{(T \cdot n \cdot B)}\,]$$

N vibrator · FGF gaya tanah · T sweep · n sweep · B bandwidth

- Gaya tanah masuk **linier**: 26k / 15k = 1,73 → **+4,8 dB**.
- Unit besar memegang gaya penuh sampai **7 Hz**, unit kecil hanya **12 Hz** — satu oktaf tambahan yang tidak dimiliki unit kecil.
- Di UPM oktaf itu bernilai **+2,4 dB** lagi, sehingga total **+7,2 dB**.
- Yang dibandingkan selalu **2 unit**: 2 × 26.000 lawan 2 × 15.000 lbf, jumlah unit dan panjang sweep sama — selisihnya murni kelas unit.

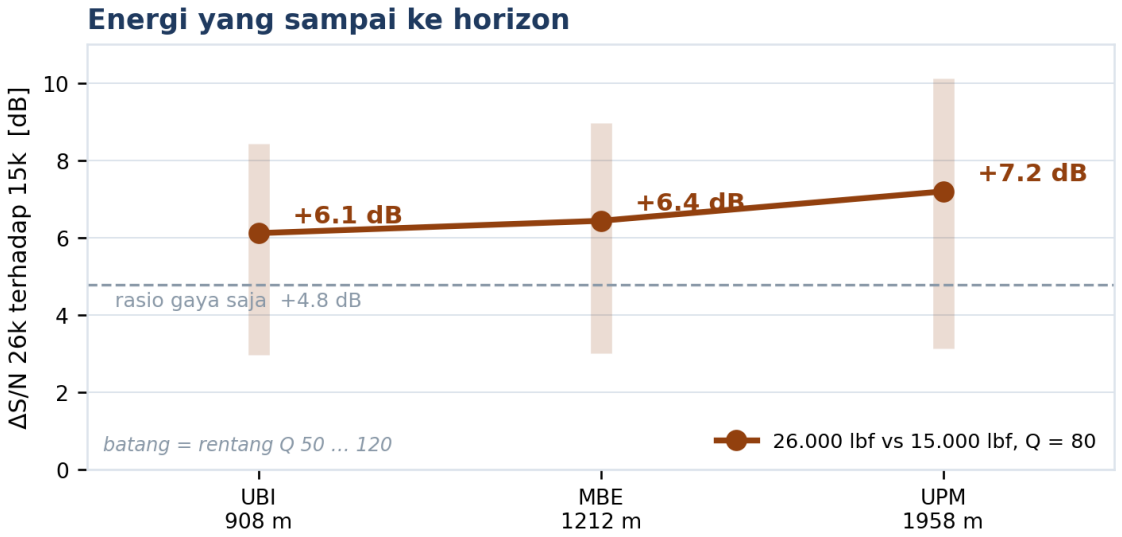


Unit	Gaya puncak	Gaya penuh sampai	Lebar truk	Setback 2 unit	Titik K4
15.000 lbf	66,7 kN	≥ 12 Hz	2,10 m	23 m	314
26.000 lbf	115,7 kN	≥ 7 Hz	2,50 m	40 m	137

Cordsen et al. (2000) pers. (6.2) · gaya puncak dan batas frekuensi dari spesifikasi unit 15k/26k · setback diskalakan dari acuan 2 × 15k = 23 m

Vibroseis: rekomendasi per lebar jalan

Kecil untuk kampung, besar untuk jalan raya — 314 dan 137 titik



DEFAULT — JALAN KAMPUNG

2 × 15.000 lbf

Lebar koridor < 5 m. Setback 23 m, satu-satunya pilihan yang muat di kampung dengan spasi SP 40 m. Dipakai 314 titik.

JALAN RAYA & ROW PHKT

2 × 26.000 lbf

Koridor ≥ 7 m, setback 40 m. +6,1 sampai +7,2 dB di atas unit kecil dengan jumlah unit yang sama. Dipakai 137 titik.

KENAPA SETBACK NAIK 23 → 40 M

Amplitudo gelombang permukaan sebanding dengan gaya, jadi jarak yang memberi PPV sama juga sebanding dengan gaya: 23 m × (26.000 / 15.000) = **40 m**. Bukan angka baru — skala dari acuan yang sudah dipakai.

BUTUH DB TAMBAHAN TANPA MENAMBAH SETBACK

Gandakan sweep 8 → 16: **+3,0 dB** pada setback yang sama, harga pad time 96 → 192 s. Untuk 137 titik unit besar itu ± 3,7 jam tambahan satu kru — lebih murah daripada memindahkan titik demi 40 m.

Yang perlu diputuskan

Tiga keputusan, satu paket

Geometri

- K4 dipakai sebagai desain final: 3.360 SP dan 6.720 RP penuh, seluruhnya di luar zona terlarang.
- Vibrator K4 duduk di stasiun jalan berjarak 40 m: ≥ 65 m dari pipa PHKT, ≥ 25 m dari tepi sungai, ≥ 23 m dari permukiman (bertanda permit).
- Fold proxy UPM kembali ke 100% K1 dari 68% di K3.
- Yang belum diuji: ray tracing stride 1 dan uji lapangan kekuatan sumber.

Charge

- Dasar 2 kg untuk seluruh titik eksplosif.
- 3 kg hanya bila jarak ke pemukiman ≥ 162 m; 1 kg pada 113–142 m; 0,5 kg pada 60–113 m.
- Di bawah 60 m titik menjadi vibrator. Uji charge 1/2/3 kg di lapangan tetap wajib sebelum AFE.
- Energi permukaan: K4 1,2 GJ (-0,4 dB vs K1) — di atas K3, dengan 3.360 SP.

Vibroseis

- Dua ukuran unit: 15.000 lbf untuk jalan kampung (314 titik), 26.000 lbf untuk jalan raya dan ROW (137 titik).
- Setback mengikuti gaya: 23 m untuk unit kecil, 40 m untuk unit besar. Unit besar memberi +6,1 sampai +7,2 dB.
- Bila butuh dB tambahan, gandakan jumlah sweep — jangan pindahkan titik.
- Satu titik 26k = 661 kJ di permukaan, 1,7× charge 3 kg.

KEPUTUSAN YANG DIMINTA

Setujui K4 sebagai desain final (kini dengan infill South Wailawi, tanpa vibroseis di sungai); charge dasar 2 kg dengan tangga jarak; dan dua kelas vibrator 15k/26k sesuai lebar koridor.

Semua angka di deck ini berasal dari berkas hasil, bukan dari perkiraan: configs_out/*/report.json, export/wailawi_K*.json, dan out_source_study/source_numbers.json.