

KETIDAKPASTIAN DISTRIBUSI KUALITAS BATUBARA MENGUNAKAN METODE INTERPOLASI PADA *SITE* BANKO TENGAH BLOK A, KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

Dian Agus Widiarso¹, Ulfatunnisa¹, Nurakhmi Qadaryati¹,

¹Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro, Semarang

email: dianagus@lecturer.undip.ac.id

Naskah Diterima: Juni 2022/Revisi: Juni 202 /Disetujui: Juni 2022

ABSTRAK

Banko Tengah Blok A merupakan area konsesi batubara tahap eksplorasi. Didorong kebutuhan energi listrik yang meningkat dan diversitas kualitas batubara, maka diperlukan studi kelayakan untuk optimalisasi perencanaan eksploitasi. Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Studi ketidakpastian berkaitan dengan distribusi, kontinuitas *seam*, dan variabilitas spasial maka dilakukan rekonstruksi *seam* batubara dan penilaian kualitas batubara berdasarkan data pengeboran serta data geokimia. Metode interpolasi yang digunakan yaitu *kriging*, *inverse distance to a power*, dan *natural neighbor*. Hasil analisis kualitas menunjukkan *mine brand seam* A1 GAR 4.200 LS, *seam* A2 GAR 4.400 LS, *seam* B1 GAR 4.400 LS, *seam* B2 GAR 4.200 LS, *seam* C1 GAR 4.600 HS, dan *seam* C2 GAR 4.400 LS. Penilaian statistika dilakukan pada *seam* B1 karena kontinuitas *seam* yang menerus, ketebalan *seam*, *mine brand* cukup unggul, dan jumlah data yang paling banyak. Metode interpolasi data dipengaruhi oleh jarak antar titik sumur bor, variabilitas, dan kontrol geologis. Metode interpolasi yang paling efektif dan efisien adalah *natural neighbor* karena titik antar sumur bor yang cukup dekat (terdapat data rapat di arah barat laut dan data jarang pada arah timur laut – timur) dan dikontrol oleh variabilitas nilai aktual variabel uji cukup rendah.

Kata kunci: Batubara Banko Tengah Blok A; Interpolasi; Ketidakpastian; Litosratigrafi; Kualitas

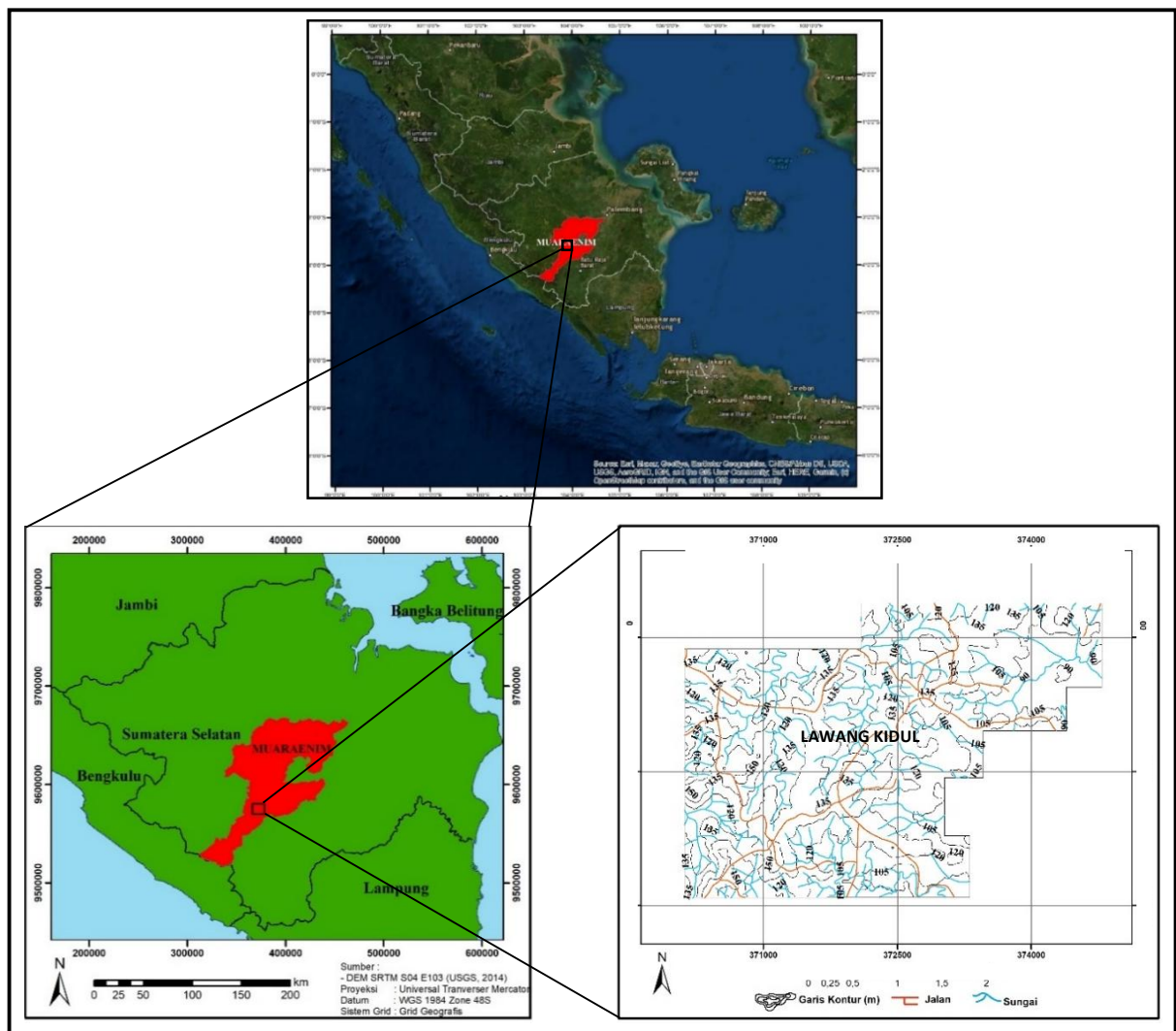
ABSTRACT

Block A of Banko Tengah is a concession exploration area. Along with the increasing demand for electrical energy & the condition of diverse coal quality, so a feasibility study is needed for optimizing exploration activity. The research location is Lawang Kidul District, Muara Enim Regency, South Sumatra. Uncertainty studies are related to distribution, seam continuity, and spatial variability pattern, accordingly needed seam reconstruction and coal quality assessment based on drilling data and result of geochemical test analysis. Interpolation methods are kriging, inverse distance to power, and natural neighbor. The quality analysis results show that mine brand of A1 is GAR 4.200 LS, A2 is GAR 4.400 LS, B1 is GAR 4.400 LS, B2 is GAR 4.200 LS, C1 is GAR 4.600 HS, and C2 is GAR 4.400 LS. The statistical assessment was carried out on B1 because of continuity seam, good mine brand, and the most data. The effectiveness of the interpolation method is natural neighbor because the borehole points are pretty close (there is dense data in East-West & rare data in Northeast – East) and the variability of the actual data is quite low.

Keywords: Coal Block A of Banko Tengah; Interpolation; Uncertainty Study; Litosratigraphy; Quality

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan pusat kebijakan energi dengan jumlah cadangan 38,84 miliar ton (Kementerian ESDM, 2021). Kondisi tersebut berimplikasi terhadap ketersediaan cadangan sehingga diperlukan eksplorasi batubara. Tekanan dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik mendorong sektor industri lebih selektif terhadap spesifikasi batubara tertentu mengingat variatifnya kualitas batubara. Penilaian sumberdaya batubara adalah kegiatan esensial untuk melakukan perencanaan kegiatan eksploitasi yakni dalam tahap studi kelayakan (Hohn dkk, 2000). Studi ketidakpastian berkaitan dengan kesalahan estimasi akumulasi batubara, variabilitas data, dan distribusi *seam*. Ketiga poin tersebut berhubungan dengan analisis korelasi litostratigrafi dan penilaian kualitas batubara. Pendekatan penilaian sumberdaya batubara adalah metode interpolasi berdasarkan data geologi (pengeboran) dan data geokimia menggunakan software *Surfer 13* dengan membandingkan 3 metode *kriging*, *inverse distance to power* (IDTP), dan *natural neighbor* (NN) yang bertujuan untuk mengetahui metode paling baik dalam menginterpolasi data. Evaluasi kualitas batubara dilakukan di Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan yaitu pada *site* Banko Tengah Blok A, PT. Bukit Asam, Tbk (Gambar 1).



Gambar 1 Peta Indeks Lokasi Penelitian (DEM SRTM USGS, 2014)

2. METODOLOGI

Penelitian dibagi menjadi empat tahap yaitu tahap pendahuluan berupa studi literatur, tahap pengumpulan data yaitu pengumpulan data primer dan sekunder, tahap pengolahan data meliputi korelasi litostratigrafi, *mine brand* batubara, dan interpolasi data, serta perhitungan statistika yaitu uji normalitas dan *setting* interpolasi, serta tahap interpretasi data untuk mengetahui metode interpolasi terbaik berdasarkan ketidakpastian distribusi batubara yaitu metode statistika, analisis variogram untuk korelasi spasial antara variabel random (Cressie, 1993), dan pemodelan 3 dimensi untuk keperluan interpretasi dan visualisasi terhadap kondisi geologi (Heriawan dkk, 2008).

a. Korelasi Litostratigrafi

Bertujuan untuk merekonstruksi bawah permukaan sehingga dapat menunjukkan strata *seam* secara berurutan, ketebalan, dan pelamparan batubara secara horizontal dan vertikal pada *sub surface*, serta sebagai parameter kontinuitas dalam studi ketidakpastian.

b. Kualitas/*Mine Brand* Batubara

Bertujuan untuk mengetahui kualitas batubara daerah penelitian yang dikategorikan berdasarkan rentang nilai kalori dan total sulfur. Penilaian ini digunakan sebagai parameter penilaian studi ketidakpastian untuk mengetahui kualitas batubara terbaik.

c. Interpolasi dan Perhitungan Statistika

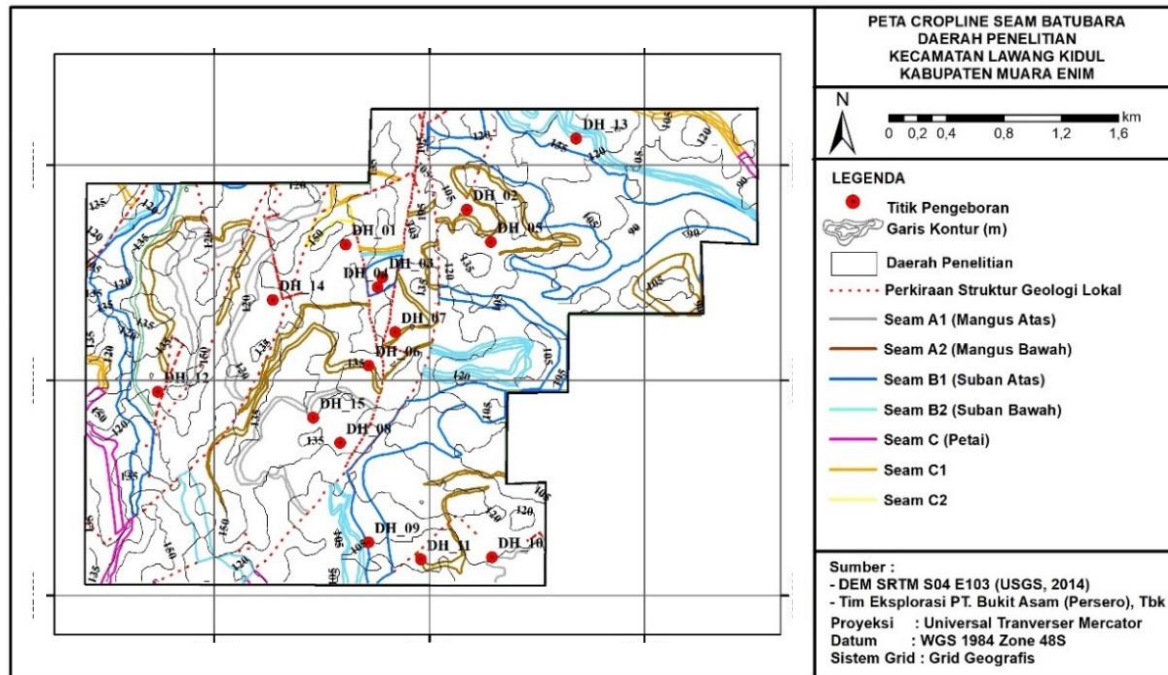
Interpolasi data dilakukan pada *seam* B1 yang memenuhi standar dalam pengujian studi ketidakpastian (distribusi data normal, jumlah data, kontinuitas *seam*, ketebalan *seam*, dan *mine brand*). Metode interpolasi yang digunakan adalah *kriging*, IDTP, dan NN. Tahapan interpolasi yaitu uji normalitas, pembuatan variogram (khusus metode *kriging*), pengujian *power* (khusus metode IDTP), *cross validate*, dan analisis *report data*. Model variogram metode *kriging* adalah *nugget effect* dan *gaussian* karena lebih *smooth* dan meminimalisir *error* dibanding metode lain menurut Golden Software (2002) dan Aswant (2016). Empat parameter utama yang digunakan dalam interpolasi IDTP yaitu *power*, *anisotropi ratio* dan *angle*, serta *smoothing* (Budirahardja dkk, 2010). Pengaturan interpolasi NN merujuk Budirahardja dkk (2010) yaitu *smoothing*, anisotropi rasio, dan sudut anisotropi. Parameter akurasi metode interpolasi yaitu pembuatan variogram, nilai *Root Mean Square* (RMSE), standar deviasi, koefisien korelasi, dan dikontrol oleh nilai minimum, maksimum, rata-rata, serta peta interpolasi kualitas yaitu *total moisture*, *inherent moisture*, *ash*, total sulfur, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan kalori batubara.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

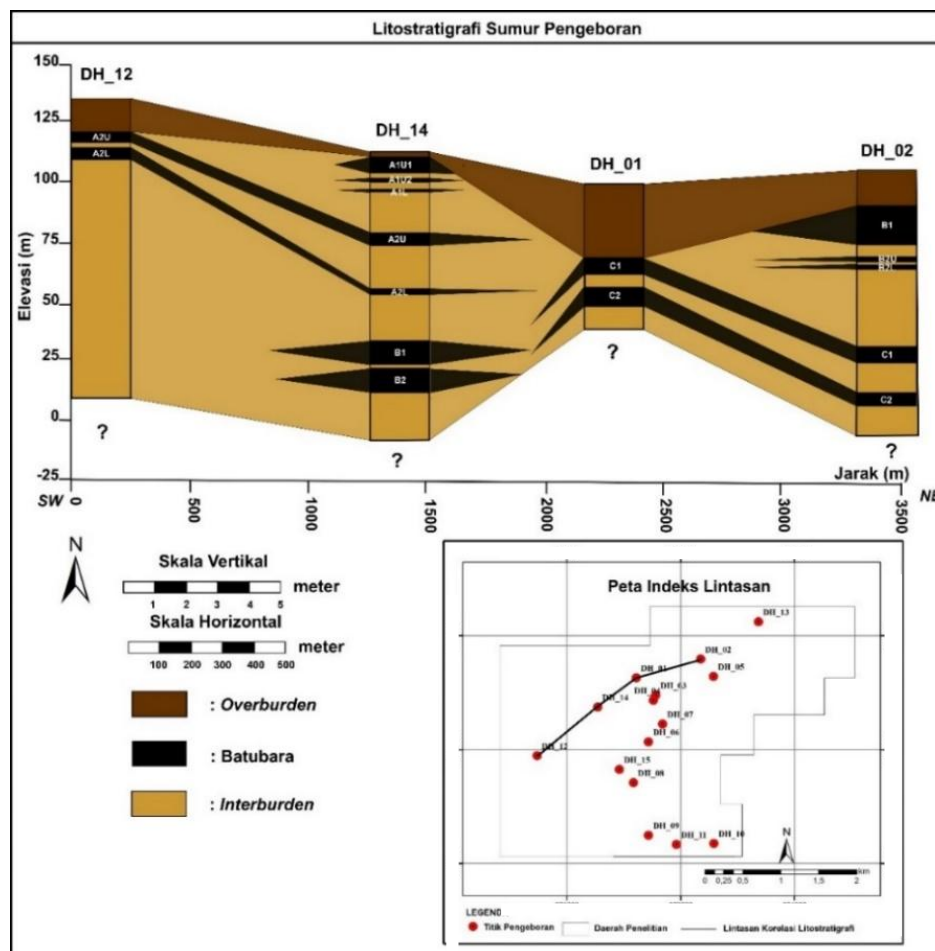
a. Korelasi Litostratigrafi

Peta lintasan mempertimbangkan orientasi dan pelamparan anggota formasi yang dapat dilihat pada peta *crop line* (Gambar 2). Daerah penelitian termasuk Formasi Muara Enim Anggota M2 menurut Mijnbouw (1978) yang terdiri atas *Seam A* (Mangus Atas dan Bawah), *Seam B* (Suban Atas dan Bawah), *Seam C* (Petai), dan korelasi litostratigrafi dengan arah *NE-SW* 1 (bagian lebih timur), *NE-SW* 2 (bagian lebih barat), *NW-SE* yang menerus ke arah *WE*, dan *NW-SE*.

**KETIDAKPASTIAN DISTRIBUSI KUALITAS BATUBARA MENGGUNAKAN METODE INTERPOLASI PADA SITE
BANKO TENGAH BLOK A, KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN**



Gambar 2 Peta *Cropline Seam* Batubara IUP Banko Tengah Blok A (DEM SRTM USGS, 2014 dan Tim Eksplorasi PT. Bukit Asam Tbk, 2019)



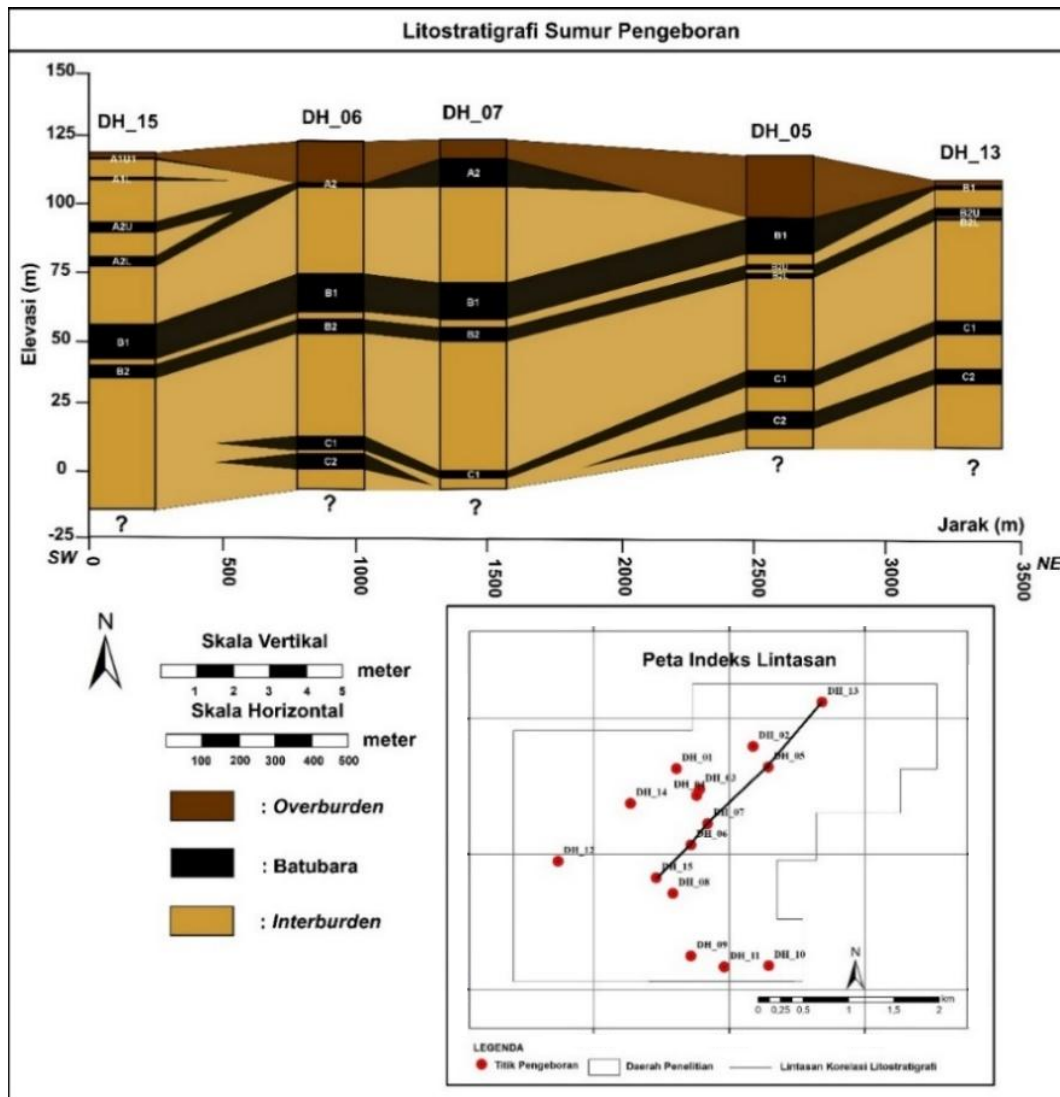
Gambar 3 Korelasi Litostratigrafi Arah NE-SW 1

a. Arah NE-SW 1

Seam A1 (*split seam*; A1U1, A1U2, dan A1L) dan A2 (*split seam*; A2U dan A2L) memiliki ketebalan yang tipis dan terlampar dari barat daya dan terjadi diskontinu *seam* semakin menuju timur laut. Ketebalan *seam* B1 dan B2 (*split seam*; B2U dan B2L) cenderung seragam dan tebal terlampar hingga ke timur laut. *Seam* C1 dan C2 memiliki ketebalan seragam ditemukan di tengah daerah penelitian terlampar hingga ke timur laut. Keterkaitan struktur geologi lokal diduga menyebabkan tidak menerusnya *seam* B1 dan B2 pada sumur bor DH-01 (Gambar 3).

b. Arah NE-SW 2

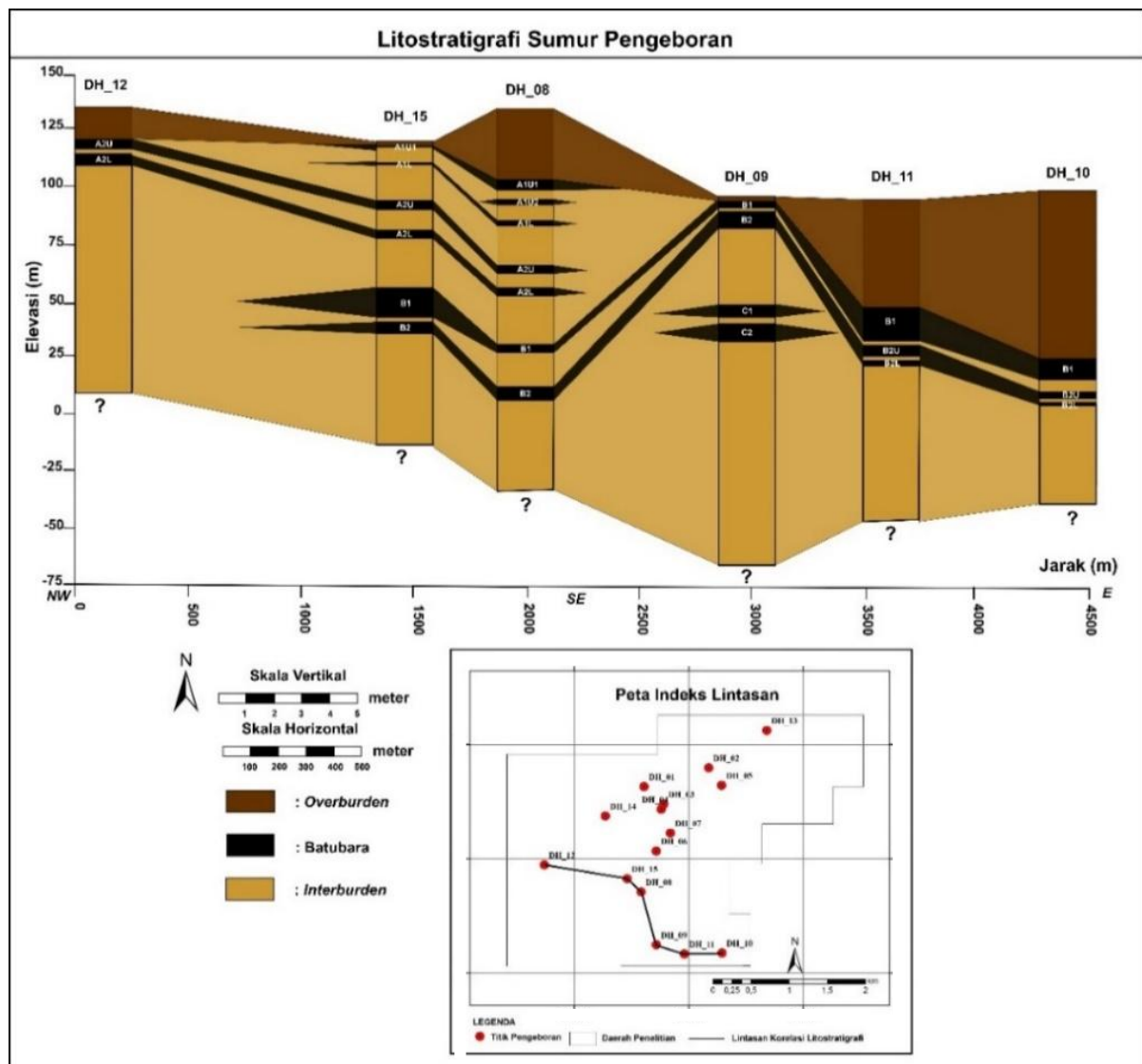
Ketebalan *seam* A1 (*split seam*; A1U dan A1L) dan A2 (*split seam*; A2U dan A2L) tipis dan terjadi diskontinu *seam* semakin menuju timur laut. Ketebalan *seam* B1 dan B2 cenderung seragam dan tebal serta terlampar hingga ke timur laut. Semakin timur laut ditemukan *split seam* B2 yaitu B2U dan B2L. *Seam* C1 dan C2 cenderung memiliki ketebalan yang seragam dan terlampar hingga timur laut (Gambar 4).



Gambar 4 Korelasi Litostratigrafi Arah NE-SW 2

c. Arah *NW-SE* dan *WE*

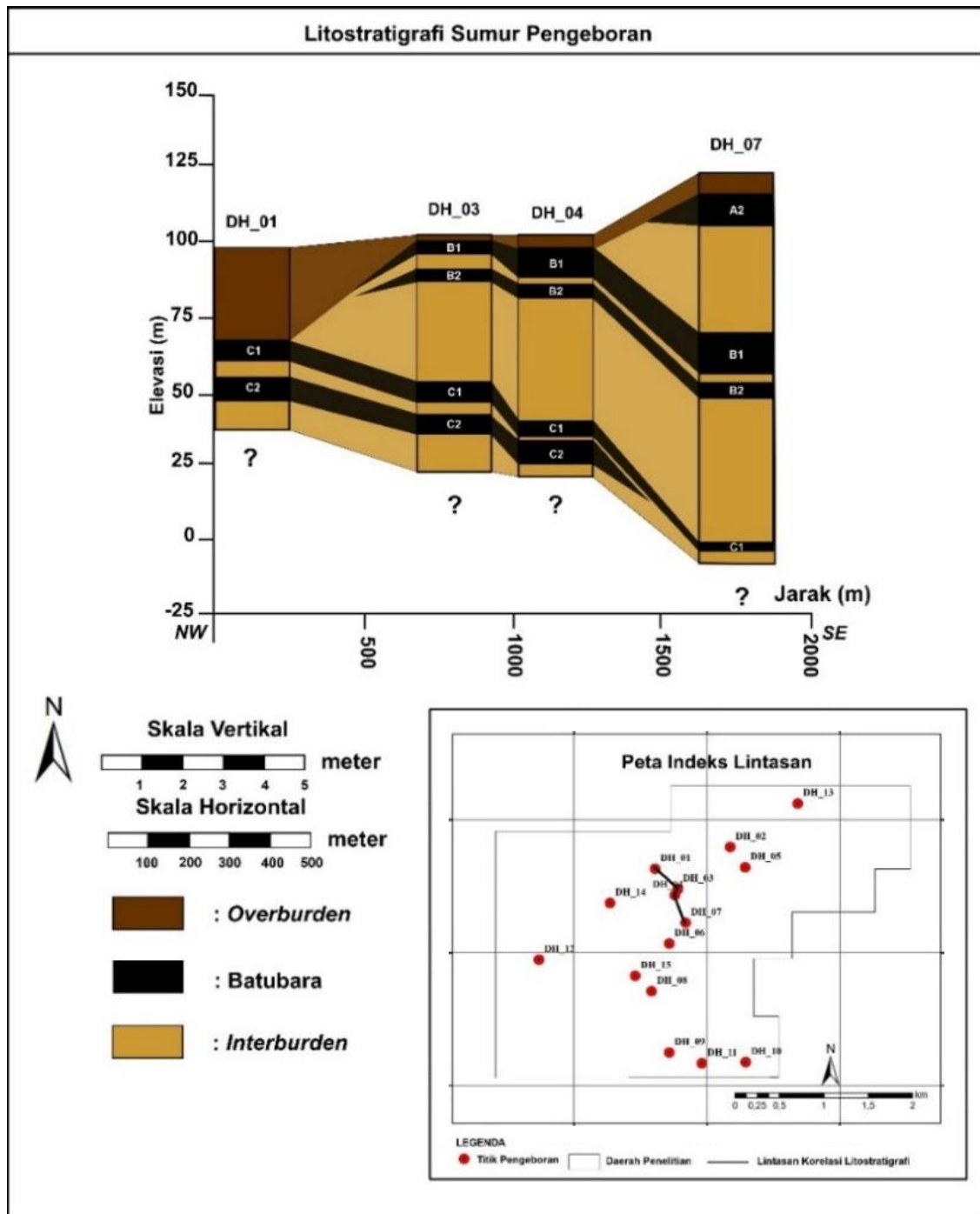
Seam A1 (*split seam*; A1U1, A1U2, dan A1L) dan A2 (*split seam*; A2U dan A2L) memiliki ketebalan yang tipis terlampar dari barat daya ke tenggara dan terjadi diskontinu *seam* semakin menuju tenggara (Gambar 5). *Seam* B1 dan B2 (*split seam*; B2U dan B2L) sedikit menipis kemudian seiring menuju ke tenggara kembali menebal. *Seam* C1 dan C2 tidak ditemukan pelamparannya secara lateral dan hanya terdapat pada sumur bor DH-09. Anomali ketinggian yang terjadi pada sumur bor DH-08 dan DH-09 diduga adanya pengaruh struktur geologi lokal yang didukung oleh perkiraan struktur geologi pada peta *cropline*.



Gambar 5 Korelasi Litostratigrafi dengan Arah *NW-SW* dan *WE*

d. Arah *NW-SE*

Seam A2 hanya ditemukan pada sumur bor DH-07 dan tidak menerus ke barat daya. Ketebalan *seam* B1 dan B2 serta C1 dan C2 cenderung seragam dan tebal dan terlampar hingga ke tenggara (Gambar 6)



Gambar 6 Korelasi Litostratigrafi dengan Arah NW-SE

b. Kualitas/*Mine brand* Batubara

Perhitungan kualitas batubara dilakukan dengan mengelompokkan *parent seam* dengan *split seam*, kemudian dihitung rata-rata dari tiap parameter pada masing-masing *seam*. Klasifikasi kualitas batubara daerah penelitian belum memiliki *brand* tertentu sehingga dalam pengkategorian kualitas batubara pada *site* Banko Tengah Blok A disesuaikan dengan kondisi aktual data lapangan yang mengacu pada parameter nilai kalori dan total sulfur. Hasil kategori *mine brand* batubara *site* Banko Tengah Blok A dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kualitas/*Mine Brand* Batubara Daerah Penelitian

<i>Seam</i>	Rata-rata CV (Kkal/Kg, ar)	Rata-Rata TS (% , ar)
A1	4.177,21	0,99
A2	4.382,63	0,26
B1	4.474,69	0,21
B2	4.279,57	0,56
C1	4.581,69	0,74
C2	4455,22	0,58

c. Hasil Perhitungan Statistika *Seam B1*

Metode interpolasi yang digunakan adalah *kriging*, IDTP, dan NN dengan variabel kualitas meliputi *total moisture*, *inherent moisture*, *ash*, total sulfur, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan nilai kalori. Parameter akurasi yang digunakan yaitu RMSE, standar deviasi, dan koefisien korelasi, serta dikontrol oleh nilai maksimum, minimum, dan rata-rata.

1. Metode *Kriging*

Pada Tabel 2 terdapat variabel yang nilainya diluar rentang maksimum data aktual, yaitu total sulfur. Hasil perhitungan RMSE memiliki nilai *error* yang lebih tinggi dibanding metode NN kecuali pada parameter total sulfur dengan nilai RMSE yang sama dengan metode IDTP.

Hasil interpolasi menunjukkan nilai RMSE metode *kriging* terdapat 3 variabel yang lebih rendah daripada IDTP yaitu TM, IM, dan VM. Koefisien korelasi 7 variabel menunjukkan rentang 0,08 – 0,37 sehingga hubungan antar variabel interpolasi berkorelasi sangat lemah – cukup (Soewarno, 1995).

Tabel 2. *Statistical Summary* Metode *Kriging Seam B1*

Parameter	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	RMSE	Standar Deviasi	Koefisien Korelasi
<i>TM</i> (% ,ar)	25,69	26,13	25,90	1,29	1,34	0,37
<i>IM</i> (% ,ar)	12,70	16,91	15,44	1,09	1,12	0,32
<i>Ash</i> (% ,ar)	3,55	4,62	3,87	0,51	0,52	0,11
<i>VM</i> (% ,ar)	30,76	32,45	31,69	2,72	2,83	0,16
<i>FC</i> (% ,ar)	30,68	32,37	31,55	1,75	1,82	0,15
TS (% ,ar)	0,20	0,22	0,21	0,02	0,03	0,07
<i>CV</i> (Kkal/kg, ar)	4376,61	4587,08	4483,88	312,26	324,87	0,22

2. Metode *Inverse Distance to A Power*

Berdasarkan *statistical summary* metode IDTP pada *seam B1* (Tabel 3), diketahui bahwa nilai minimum dan maksimum interpolasi mendekati dari sampel data dan tidak ada nilai interpolasi negatif. Hasil interpolasi metode IDTP memberikan nilai RMSE lebih rendah 2 variabel daripada metode *kriging* yaitu kadar *ash* dan FC. Koefisien korelasi pada interpolasi *seam B1* dengan metode IDTP memiliki rentang 0,13 – 0,57 sehingga termasuk klasifikasi korelasi sangat lemah – kuat (Soewarno, 1995).

Tabel 3. *Statistical Summary* Metode IDTP Seam B1

Parameter	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	RMSE	Standar Deviasi	Koefisien Korelasi
TM (%ar)	25,23	26,51	25,83	1,32	1,37	0,26
IM (%ar)	13,3	17,26	15,64	1,31	1,31	0,39
Ash (%ar)	3,54	4,04	3,82	0,50	0,50	0,49
VM (%ar)	30,62	33	32,05	2,89	2,97	0,13
FC (%ar)	30,82	32,28	31,7	1,73	1,78	0,13
TS (%ar)	0,20	0,21	0,21	0,02	0,03	0,08
CV (Kkal/kg, ar)	4369,9	4616,40	4532,8	329,47	337,55	0,57

3. Metode *Natural Neighbor*

Statistical summary pada Tabel 4, RMSE pada masing-masing variabel paling rendah dari ketiga metode lainnya kecuali pada variabel total sulfur. Parameter total sulfur yang diinterpolasi oleh *kriging* dan IDTP dengan NN memiliki perbedaan RMSE 0,01 sehingga tidak terlalu memberikan penilaian yang signifikan. Metode NN dinilai menguntungkan dengan kondisi titik koordinat *seam* dan variabilitas nilai variabel yang diuji yaitu terdapat data rapat atau padat di arah barat laut dan terdapat data jarang pada arah timur laut - timur. Koefisien korelasi metode *natural neighbor* memiliki rentang 0,12 – 0,37 sehingga dikategorikan korelasi sangat lemah – kuat (Soewarno, 1995).

Tabel 4. *Statistical Summary* Metode NN Seam B1

Parameter	Minimum	Maksimum	Rata-Rata	RMSE	Standar Deviasi	Koefisien Korelasi
TM (%ar)	24,80	27,16	25,79	1,10	1,04	0,72
IM (%ar)	12,20	16,78	15,03	1,03	1,02	0,30
Ash (%ar)	3,33	4,32	3,82	0,45	0,69	0,36
VM (%ar)	29,75	34,12	31,91	1,83	1,41	0,81
FC (%ar)	30,63	32,78	31,83	1,49	1,47	0,53
TS (%ar)	0,19	0,22	0,21	0,03	0,69	0,16
CV (Kkal/kg, ar)	4216,56	4755,01	4516,17	197,97	120,74	0,74

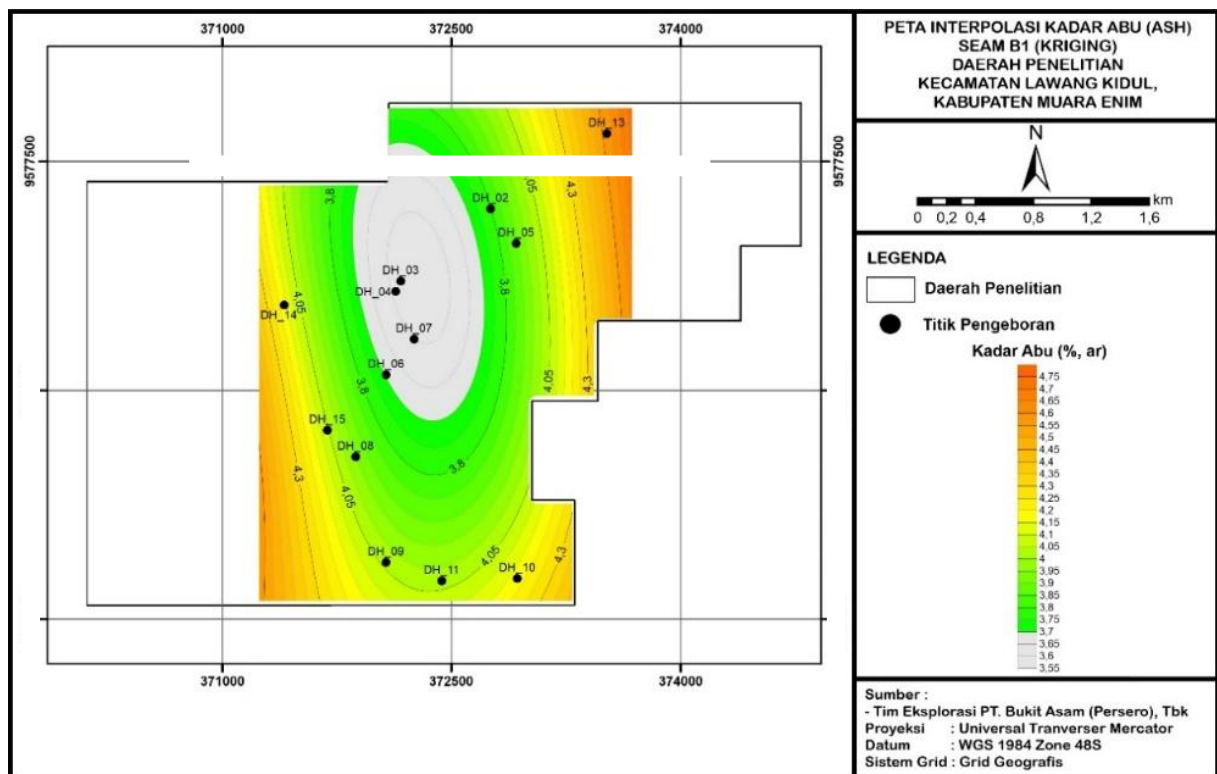
d. Interpolasi Peta Kontur Kualitas Batubara Seam B1

Peta kontur *kriging*, IDTP, dan NN menunjukkan dominasi kadar air tinggi relatif di daerah penelitian bagian barat daya – barat, baik variabel *total moisture* maupun *inherent moisture*. Semakin ke arah timur laut, kadar air semakin rendah. Peta kontur interpolasi *ash* menunjukkan kadar abu tinggi berada pada orientasi relatif timur laut – tenggara dan barat. Secara geometri, terdapat bentuk *circular* pada tengah daerah penelitian dimana semakin menuju luar *circular*, besaran kadar abu akan semakin besar. Kadar sulfur terendah ditandai dengan hasil uji kualitas sumur DH-02 dan DH-05 yang berada di tengah atau lebih secara spesifik berada di utara daerah penelitian. Kadar sulfur tinggi tersebar pada arah timur laut (DH-13), selatan (DH-09), dan

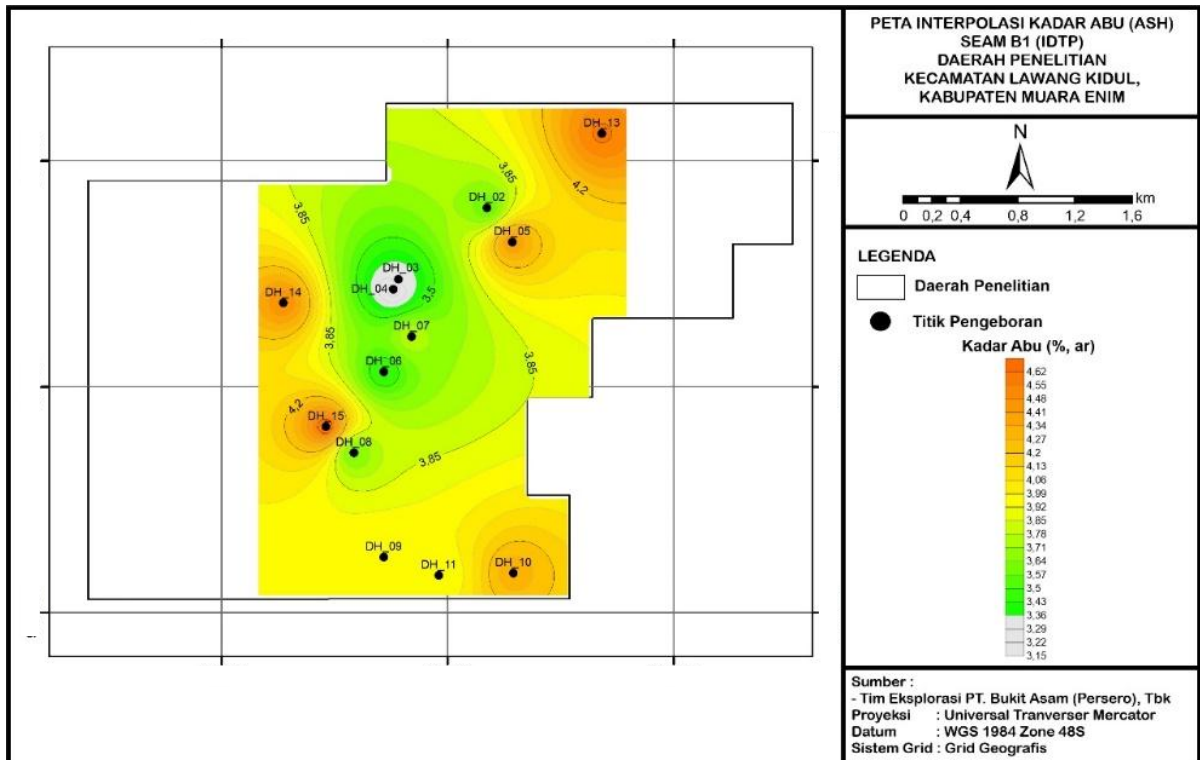
KETIDAKPASTIAN DISTRIBUSI KUALITAS BATUBARA MENGGUNAKAN METODE INTERPOLASI PADA *SITE* BANKO TENGAH BLOK A, KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

barat – barat daya (DH-14). Metode IDTP membentuk *bull's eye* pada sumur bor dengan nilai TS paling rendah dan tinggi dan metode *kriging* serta NN memberikan hasil peta interpolasi yang lebih *smooth* (Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9). Peta interpolasi *volatile matter*, *fixed carbon*, dan nilai kalori *seam* B1 menunjukkan visualisasi yang serupa yaitu adanya bentuk *circular* pada tengah daerah penelitian dimana semakin menuju pusat, nilai masing-masing kadar akan semakin membesar yang ditandai dengan lokasi sumur bor DH-06 dan DH-07.

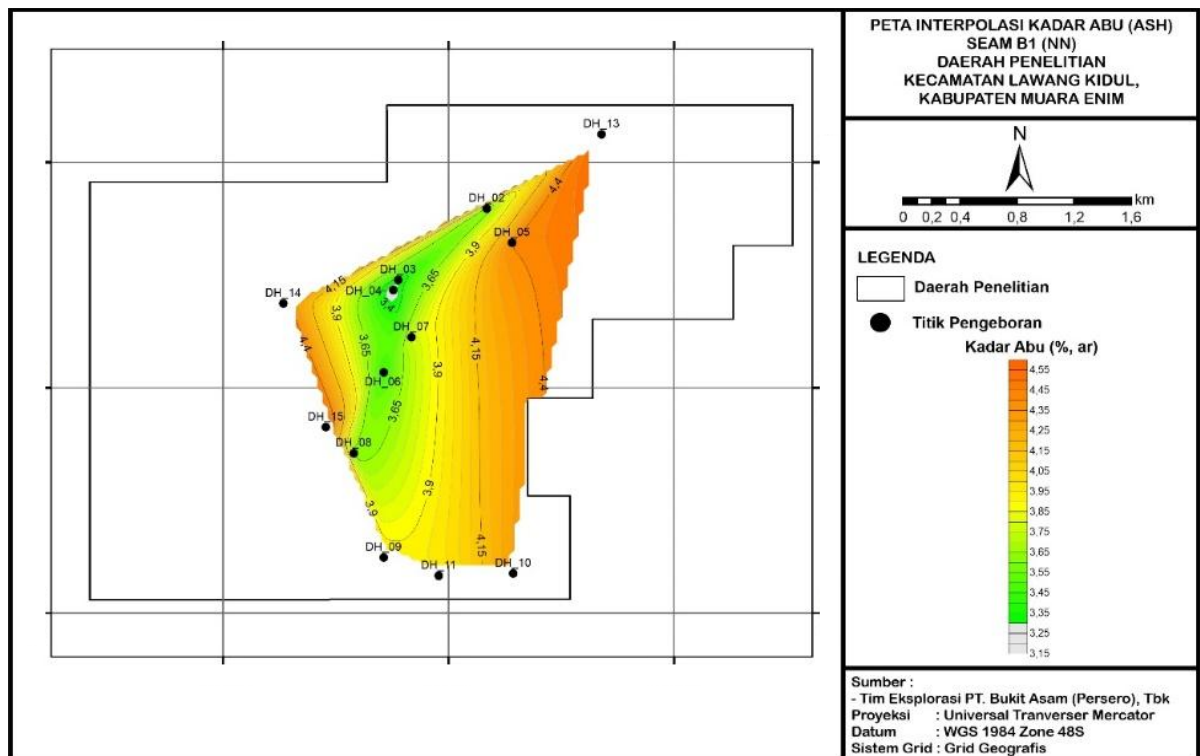
Pada dasarnya bentuk antar ketiga metode memiliki visual yang sama secara general. Perbedaannya terletak pada bentuk atau pemusatan titik *drill hole* yang memiliki nilai variabel rendah atau tinggi dan cukup berbeda signifikan dari daerah sekitarnya sehingga membentuk *bull's eye* pada metode IDTP. Metode *kriging* dan NN memberikan hasil peta interpolasi yang lebih *smooth*. Perbedaan lainnya yaitu luas interpolasi yaitu metode NN mengikuti titik paling ujung dan terluar dari lokasi sumur bor daerah penelitian atau dapat disebut interpolasi lokal (Golden Software, 2002).



Gambar / Peta interpolasi total sumur *seam* B1 (Metode *Kriging*)



Gambar 8. Peta Interpolasi Total Sulfur *Seam* B1 (Metode IDTP)



Gambar 9 Peta Interpolasi Total Sulfur *Seam* B1 (Metode NN)

e. Metode Interpolasi Interpolasi Terbaik

Kondisi aktual di lapangan yaitu titik antar sumur bor yang cukup dekat (terdapat data rapat di arah barat laut dan data jarang pada arah timur laut – timur) dan dikontrol oleh variabilitas nilai aktual variabel yang diuji cukup rendah sehingga metode *natural neighbor* dinilai lebih baik dalam menginterpolasi data daerah penelitian. Jarak antar sampel yang diketahui nilainya dan tidak diketahui sangat berpengaruh dalam interpolasi nilai Z. Potensi untuk menghasilkan interpolasi metode geostatistika dengan *error* rendah dan pemodelan peta kontur yang baik juga dikontrol oleh variabilitas data aktual yang tidak terlalu besar. Sebagai contoh pada parameter caloric value pada 5 *seam* yang diinterpolasi memiliki nilai RMSE ratusan. Standar deviasi atau perbedaan selisih nilai variabel antar sumur bor yang signifikan dapat menyebabkan hasil interpolasi memberikan *error* lebih tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode paling baik dalam interpolasi data pada daerah penelitian yaitu *site* Banko Tengah Blok A adalah metode *natural neighbor*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Gambaran litologi dan korelasi litostratigrafi bawah permukaan *site* Banko Tengah Blok A, PT. Bukit Asam, Tbk adalah pada *seam* A1 dan A2 semakin menuju timur laut ketebalannya semakin menipis (ditemukan *splitting*), terjadi *discontinuity seam*, dan dijumpai *splitting seam* di tenggara. *Seam* B1 dan B2 semakin menuju timur laut dan tenggara semakin menipis. *Seam* C1 dan C2 pelamparannya menerus dari barat daya – timur laut dengan ketebalan cenderung seragam dan terlampar pada barat – timur pada bagian atas daerah penelitian.
- Kualitas/*mine brand seam* batubara *site* Banko Tengah Blok A, PT. Bukit Asam, Tbk *seam* A1 yaitu GAR 4.200 LS, *seam* A2 GAR 4.400 LS, *seam* B1 GAR 4.400 LS, *seam* B2 GAR 4.200 LS, *seam* C1 GAR 4.600 HS, dan *seam* C2 GAR 4.400 LS.
- Metode interpolasi terbaik untuk mengestimasi volume sumberdaya batubara pada daerah penelitian Banko Tengah Blok A adalah *natural neighbor* karena efektif dalam aspek statistika (RMSE) paling rendah dan standar deviasi cukup rendah) dan efisien dalam aspek proses *gridding data*. Didukung juga kondisi lokasi sumur bor yang rapat di arah barat laut dan data jarang pada arah timur laut - timur. Daerah penelitian juga dilewati beberapa struktur geologi sehingga mempengaruhi distribusi nilai stasioner yang berimplikasi pada nilai *error* metode *kriging*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geologi dan Tim Divisi Eksplorasi PT Bukit Asam atas kesempatannya melakukan studi penelitian di *Site* Banko Tengah Blok A.

DAFTAR PUSTAKA

- Aswant, Ilham. 2016. Analisis Perbandingan Metode Interpolasi untuk Pemetaan Ph Air pada Sumur Bor di Kabupaten Aceh Besar Berbasis SIG. Academic Thesis, Syiah Kuala University. Banda Aceh, Indonesia
- Budirahardja., Suryana, N. 2010. Interpolasi Spasial Rekonstruksi Perubahan Permukaan Tanah Melalui Otomasi Inverse Distance Weighting (IDW) untuk Memantau Kemajuan Penambangan Terbuka di PT. Avocet Kabupaten Bolaang Mongondow Propinsi Sulawesi Utara. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 6(4), 193–203.
- Cressie, N. A. C. 1993. Statistics For Spatial Data. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA
- Golden Software. 2002. Surfer 13 Full User's Guide. Colorado. Golden Software Inc. Colorado, USA.
- Heriawan, M. N., & Koike, K. 2008. Uncertainty Assessment of Coal Tonnage by Spatial Modeling of *Seam* Distribution and Coal Quality. International Journal of Coal Geology, 76(3), 217–226.
- Hohn, M. E., & McDowell, R. R. 2001. Uncertainty in Coal Property Valuation in West Virginia: A Case Study. Mathematical Geology, 33(2), 191–216.
- Kemeterian Energi dan Sumberdaya Mineral Indonesia. 2021. Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia. Kemeterian Energi dan Sumberdaya Mineral Indonesia. Jakarta, Indonesia
- Mijnbouw, S. 1978. Explanatory Notes to The Geological Map of The South Sumatera Coal Province. Jakarta (Unpublished).
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2. NOVA. Bandung, Indonesia.
- Tim Eksplorasi PT. Bukit Asam, Tbk. 2019. Peta *Cropline Seam* Batubara dan Klasifikasi *Mine Brand Site* Banko Tengah Blok A. Tanjung Enim, Indonesia (Unpublished)