

Analisis Efektivitas Biaya Kontrak Lump Sum dan Unit Price pada Managed Service Manajemen Aset Transmisi (2023–2025)

Rahmaningtyas Wiganingrum^{*1}, Muhamad Habibi²

^{1,2}Pendidikan Profesi Insinyur, Institut Teknologi PLN, Indonesia
Email: ¹rahmawiga@gmail.co.id, ²psppi@itpln.ac.id

Abstrak

Pengelolaan kontrak *Managed Services* pada pengujian kesehatan transformator menghadapi tantangan ketidaksesuaian antara volume pekerjaan terkontrak dan realisasi lapangan, khususnya pada skema Lump Sum yang berpotensi menimbulkan inefisiensi biaya. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas biaya skema kontrak *Lump Sum* dibandingkan dengan *Unit Price* dalam administrasi kontrak manajemen aset transmisi periode 2023–2025. Metode yang digunakan adalah analisis komparatif kuantitatif berbasis rasio efektivitas biaya, dihitung melalui perbandingan antara volume pekerjaan terealisasi dan volume terkontrak terhadap nilai pembayaran aktual. Data diperoleh melalui observasi praktik keinsinyuran, analisis dokumen kontrak, serta rekapitulasi realisasi pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skema *Lump Sum* menghasilkan tingkat efektivitas biaya sebesar 67% akibat adanya item pengujian yang tidak terealisasi namun tetap dibayarkan, sedangkan skema *Unit Price* menunjukkan kesesuaian penuh antara volume terealisasi dan pembayaran aktual. Temuan ini mengindikasikan bahwa skema *Unit Price* lebih adaptif terhadap fluktuasi kebutuhan pengujian dan lebih akurat dalam merefleksikan konsumsi sumber daya. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan literatur administrasi kontrak dan manajemen aset dengan memberikan bukti empiris mengenai implikasi struktur pembayaran terhadap efektivitas biaya layanan teknik berbasis realisasi.

Kata Kunci: Administrasi Kontrak, Harga Satuan, Pengujian Transformator

Abstract

Contract management in transformer condition assessment *Managed Services* faces challenges related to discrepancies between contracted work volumes and actual field realization, particularly under the Lump Sum scheme, which may lead to cost inefficiencies. This study aims to analyze the cost-effectiveness of Lump Sum and Unit Price contract schemes in transmission asset management services during the 2023–2025 period. A quantitative comparative approach was employed using a cost-effectiveness ratio calculated from the proportion between realized work volumes and contracted volumes relative to actual payments. Data were obtained through engineering practice observations, contract document analysis, and recapitulation of testing realization records. The results indicate that the Lump Sum scheme achieved a cost-effectiveness level of 67% due to non-realized testing items that remained fully paid, whereas the Unit Price scheme demonstrated full alignment between realized volumes and actual payments. These findings suggest that the Unit Price scheme is more adaptive to fluctuations in testing demand and more accurately reflects actual resource consumption. Theoretically, this study contributes to the literature on contract administration and asset management by providing empirical evidence on how payment structures influence cost-effectiveness in realization-based technical service contracts.

Keywords: Contract Administration, Transformer Testing, Unit Price

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan aset transmisi tenaga listrik menuntut keandalan operasional yang tinggi sekaligus pengendalian biaya yang akurat. Transformator daya sebagai peralatan kritis dalam sistem transmisi memerlukan pemantauan kondisi secara berkala melalui pengujian minyak isolasi, seperti *Dissolved Gas Analysis* (DGA), analisis Furan, kadar air, dan parameter kimia lainnya. Dalam praktik manajemen aset modern, kegiatan ini umumnya dilaksanakan melalui skema *Managed Services* guna memastikan keberlanjutan layanan dan efisiensi operasional.

Dalam perspektif manajemen proyek dan pengadaan teknik, pemilihan skema kontrak merupakan faktor strategis yang memengaruhi distribusi risiko, fleksibilitas anggaran, serta efektivitas biaya. Dua model pembayaran yang umum digunakan adalah Lump Sum (*fixed price*) dan Unit Price. Kontrak Lump Sum memberikan kepastian nilai total sejak awal, namun relatif kurang adaptif terhadap perubahan volume pekerjaan. Sebaliknya, kontrak Unit Price memungkinkan pembayaran berdasarkan volume aktual yang terealisasi, sehingga secara teoritis lebih mencerminkan konsumsi sumber daya riil, meskipun memerlukan pengendalian administrasi yang lebih rinci.

Permasalahan muncul ketika volume pekerjaan pengujian transformator tidak sepenuhnya sesuai dengan perencanaan awal. Variasi kebutuhan pengujian yang dipengaruhi oleh kondisi teknis aset dapat menyebabkan sebagian item tidak terealisasi. Dalam skema Lump Sum, kondisi tersebut berpotensi menimbulkan inefisiensi karena pembayaran tetap dilakukan sesuai nilai kontrak awal. Sementara itu, pada skema Unit Price, pembayaran hanya dilakukan berdasarkan volume aktual, sehingga secara konseptual lebih adaptif terhadap fluktuasi kebutuhan. Namun, efektivitas kedua skema tersebut dalam konteks layanan pengujian transformator berbasis manajemen aset belum banyak dikaji secara empiris.

Sebagian besar penelitian terdahulu dalam bidang ketenagalistrikan berfokus pada aspek teknis pengujian transformator, seperti interpretasi hasil DGA, analisis degradasi isolasi, serta estimasi umur sisa peralatan. Kajian mengenai struktur administrasi kontrak dan implikasinya terhadap efektivitas biaya layanan pengujian masih relatif terbatas. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian pada aspek evaluasi komparatif model kontrak dalam layanan teknik berbasis realisasi volume pekerjaan.

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas biaya skema kontrak Lump Sum dibandingkan dengan Unit Price dalam layanan Managed Services pengujian kesehatan transformator periode 2023–2025. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan komparatif kuantitatif melalui perhitungan rasio efektivitas antara volume pekerjaan terealisasi dan nilai pembayaran aktual. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris terhadap literatur administrasi kontrak dan manajemen aset dengan menunjukkan bagaimana struktur pembayaran kontrak memengaruhi tingkat efektivitas biaya dalam layanan teknik berbasis realisasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan observasi studi kasus kuantitatif evaluatif-komparatif. Pendekatan ini dipilih untuk mengevaluasi dan membandingkan efektivitas biaya dua skema kontrak, yaitu Lump Sum dan Unit Price, dalam layanan Managed Services pengujian kesehatan transformator pada periode 2023–2025.

Unit analisis penelitian adalah kontrak layanan pengujian transformator yang dilaksanakan pada periode tersebut, dengan fokus pada struktur harga, volume terkontrak, volume terealisasi, serta nilai pembayaran aktual.

2.2. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui tahapan sistematis sebagai berikut:

1. Identifikasi Struktur Harga
Mengkaji dokumen kontrak untuk mengidentifikasi komponen biaya dan struktur pembayaran pada skema Lump Sum dan Unit Price.
2. Pengumpulan dan Verifikasi Data Kontrak
Mengumpulkan data historis berupa:
 - Nilai kontrak,
 - Daftar item pengujian,
 - Volume terkontrak,
 - Volume terealisasi,
 - Nilai pembayaran aktual.Data diverifikasi melalui pencocokan antara dokumen kontrak, laporan realisasi pekerjaan, dan dokumen pembayaran.

3. Pemetaan Item Pengujian
Mengelompokkan item pengujian berdasarkan jenis layanan (DGA, *Furan*, *Water Content*, IFT, dll.) untuk memastikan kesesuaian antara struktur kontrak dan realisasi teknis.
4. Perhitungan Efektivitas Biaya
Menghitung rasio efektivitas biaya berdasarkan kesesuaian antara pembayaran dan realisasi volume pekerjaan.
5. Analisis Komparatif Kontrak
Membandingkan hasil efektivitas biaya antara skema *Lump Sum* dan *Unit Price* untuk menilai tingkat adaptivitas dan efisiensi masing-masing model.

2.3. Model dan Rumus Analisis

Efektivitas biaya dalam penelitian ini didefinisikan sebagai tingkat kesesuaian antara nilai pembayaran dengan volume pekerjaan yang benar-benar terealisasi.

(1) Rasio Realisasi Volume

$$R_v = \frac{V_r}{V_k} \quad (1)$$

di mana:

R_v = rasio realisasi volume
 V_r = total volume pekerjaan terealisasi
 V_k = total volume pekerjaan terkontrak

(2) Rasio Pembayaran Aktual

Untuk skema Unit Price:

$$P_u = \sum (V_r \times H_s) \quad (2)$$

Untuk skema Lump Sum:

$$P_t = N_k \quad (3)$$

di mana:

H_s = harga satuan
 N_k = nilai kontrak tetap

(3) Efektivitas Biaya

Efektivitas biaya dihitung sebagai:

$$E = \frac{\text{Nilai Pekerjaan Terealisasi}}{\text{Nilai Pembayaran Aktual}} \times 100\% \quad (4)$$

Pada skema *Lump Sum*, apabila terdapat item yang tidak terealisasi namun tetap dibayarkan, maka:

$$E_{LS} = \frac{\sum (V_r \times H_s)}{N_k} \times 100\% \quad (5)$$

Sedangkan pada skema Unit Price:

$$E_{LS} = \frac{\sum (V_r \times H_s)}{\sum (V_r \times H_s)} \times 100\% = 100\% \quad (6)$$

2.4. Teknik Analisis

Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk:

- Rekapitulasi volume kontrak dan realisasi,
- Perhitungan rasio efektivitas,
- Analisis perbandingan nilai pembayaran,
- Identifikasi deviasi biaya (*cost variance*).

Pendekatan yang digunakan merupakan bentuk sederhana dari *cost comparison ratio analysis*, yang mengevaluasi kesesuaian antara input biaya dan output pekerjaan.

2.5. Validitas Data dan Batasan Penelitian

Data yang digunakan merupakan data historis resmi yang bersumber dari dokumen kontrak dan laporan realisasi pekerjaan. Validasi dilakukan melalui triangulasi dokumen (kontrak, berita acara, dan laporan pembayaran).

Penelitian ini memiliki beberapa batasan:

1. Analisis hanya mempertimbangkan komponen biaya langsung berdasarkan struktur kontrak.
2. Biaya *overhead* organisasi dan biaya tidak langsung diasumsikan proporsional dan tidak dianalisis secara terpisah.
3. Tidak dilakukan analisis risiko jangka panjang atau fluktuasi harga pasar.
4. Efektivitas diukur berdasarkan kesesuaian pembayaran terhadap realisasi volume, bukan terhadap indikator kualitas teknis.

2.6. Justifikasi Metodologis

Pendekatan komparatif kuantitatif ini dipilih karena tujuan penelitian adalah mengevaluasi efektivitas biaya secara terukur. Rasio efektivitas digunakan sebagai indikator kinerja kontrak berbasis realisasi, yang relevan dalam konteks administrasi kontrak layanan teknik dengan variasi volume pekerjaan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengumpulan Data

Terdapat tiga kelompok utama pengujian transformator yang memiliki parameter dan harga satuan tersendiri sebagaimana berikut:

3.1.1. Pengujian Karakteristik Minyak *Main Tank*:

Pengujian karakteristik minyak dilakukan untuk memastikan bahwa fungsi minyak isolasi—sebagai media pendingin dan isolator—tetap optimal serta mendeteksi dini gejala degradasi akibat panas, oksidasi, atau kontaminasi (Setyowati, 2024). Parameter umum yang diuji meliputi (PLNE, 2025):

1. *Breakdown Voltage* atau BDV
2. *Water Content in Insulating Liquids*
3. *Colour American Society for Testing and Materials* atau ASTM
4. *Flash Point Cleveland Open Cup* atau COC
5. *Dielectric Dissipation Factor at 90°C*
6. *Resistivity at 90°C*
7. *Interfacial Tension* atau IFT at 25°C
8. *Acidity*
9. Viskositas Kinematik @100°C
10. *Sediments and Sludge*

3.1.2. Pengujian Karakteristik Minyak *On Load Tap Changer* atau OLTC

OLTC rentan mengalami degradasi akibat *switching frequency* yang tinggi (Sulistyowati et al., 2022). Pengujian minyak OLTC bertujuan memantau level kontaminasi dan indikasi karbonisasi (Sanjaya, 2025), dengan parameter utama (PLNE, 2025):

- 1) BDV
- 2) *Water Content in Insulating Liquids*

3.1.3. Pengujian DGA

DGA merupakan pengujian utama dalam menilai potensi kegagalan internal transformator (Cinar, 2024). Gas terlarut dianalisis untuk mengidentifikasi gejala awal seperti *overheating*, *arc*ing, atau *partial discharge* (Prasojo et al., 2024). Parameter umum pengujian ini adalah *Advanced DGA Analysis* (meliputi *Hydrogen*, *Methane*, *Ethane*, *Ethylene*, *Acetylene*, *Carbon Monoxide* atau CO, *Carbon Dioxide* atau CO₂, serta interpretasi metode Duval/ *International Electrotechnical Commission* atau IEC) (M. Djamin, 2025).

3.1.4. Pengujian Furan

Analisis furan digunakan untuk menentukan tingkat degradasi selulosa (kertas isolasi) sebagai dasar estimasi *remaining life* transformator (Siregar & Harahap, 2022). Pengujian ini memiliki metode analisis yang lebih rumit dan tidak selalu diperlukan (hanya untuk transformator dengan indikasi degradasi dari hasil DGA) (Setyowati, 2024).

3.2. Analisis Struktur Harga

3.2.1. Gambaran Umum Struktur Harga

Struktur harga satuan dalam *Managed Services* Manajemen Aset Transmisi terdiri dari:

Tabel 1. Struktur Harga *Consumables* Pengujian Transformator (PLNE, 2025)

No	Item Consumables Pengujian
1	<i>Dissolved Gas Analysis</i>
2	Karakteristik Minyak untuk <i>Main Tank</i> a. <i>Breakdown Voltage (BDV)</i> b. <i>Water Content in Insulating Liquids</i> c. <i>Colour ASTM</i> d. <i>Flash Point COC</i> e. <i>Dielectric Dissipation Factor at 90 °C</i> f. <i>Resistivity at 90 °C</i> g. <i>Interfacial Tension (IFT) at 25 °C</i> h. <i>Acidity</i> i. <i>Viscosity Kinematik @100 °C</i> j. <i>Sediments and sludge</i>
4	Karakteristik Minyak untuk OLTC a. <i>Breakdown Voltage (BDV)</i> b. <i>Water Content in Insulating Liquids</i>

Tabel 2. Struktur Harga Biaya Langsung Personil Pengujian Transformator (PLNE, 2025)

No	Item Biaya Langsung Personil
1	Tenaga Ahli a. <i>Project Director</i> b. <i>Project Manager</i> c. <i>Project Team Leader</i> d. <i>Substation Engineer</i> e. <i>Project Support</i>
2	Tenaga Pendukung a. <i>Project Administrator</i>
3	Tenaga Operasional a. Pelaksana 1 b. Pelaksana 2 c. Penguji 1 d. Pengawas Pekerjaan e. Pengawas K3

Tabel 3. Struktur Harga Biaya Langsung Non Personil Pengujian Transformator (PLNE, 2025)

No	Item Biaya Langsung Non Personil
1	Biaya Operasional Kantor a. Komunikasi b. Sewa laptop c. Printer Laser Jet A-4 d. <i>Consumable Materials (Paper, Catridge Ink, Toner, etc)</i> e. ATK
2	Mobilisasi dan Demobilisasi a. Konsumsi, Cuci Pakaian, Penginapan b. Transportasi dari dan ke Bandara c. Sewa kendaraan d. Tiket Bus/Kereta/Pesawat

Struktur harga dalam kegiatan pengujian minyak transformator disusun berdasarkan prinsip penganggaran proyek teknik yang mencakup pembagian biaya menjadi komponen langsung dan tidak langsung (Pradana & Wicaksono, 2022). Struktur biaya harus mencerminkan seluruh sumber daya yang dikonsumsi dalam pelaksanaan kegiatan, termasuk material, tenaga kerja, dan dukungan operasional (Wijanarko & Anggreani, 2024). Dalam konteks pemeliharaan peralatan listrik bertegangan, pengujian kualitas minyak transformator merupakan bagian penting dari kegiatan diagnostik preventif (Rivai et al., 2023).

1. Biaya *Consumables* Pengujian

Biaya *consumables* mencakup bahan habis pakai yang dibutuhkan dalam pengujian minyak transformator. Pengujian ini mencakup DGA, karakteristik minyak *Main Tank*, karakteristik minyak OLTC, serta pengujian Furan. DGA merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis kandungan gas terlarut pada minyak transformator guna mendeteksi dini potensi kerusakan internal. Pengujian parameter lain seperti BDV, *Water Content*, *Interfacial Tension* (ASTM D971), *Acidity* (ASTM D974), dan viskositas (ASTM D445) diperlukan untuk memastikan minyak transformator tetap memenuhi standar operasionalnya. *Consumables* yang digunakan dalam pengujian bersifat sekali pakai dan harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, sehingga komponen biaya ini menjadi bagian penting dalam estimasi anggaran kegiatan pengujian.

2. Biaya Langsung Personil

Biaya langsung personil mencakup seluruh tenaga kerja profesional yang terlibat dalam pengujian, analisis, dan koordinasi proyek. Tenaga kerja dikategorikan berdasarkan kompetensi dan peran, yaitu:

- a. Tenaga Ahli, seperti *Project Director*, *Project Manager*, *Project Team Leader*, *Substation Engineer*, dan *Project Support*. Mereka bertanggung jawab atas perencanaan strategis, validasi teknis, serta evaluasi hasil pengujian.
- b. Tenaga Pendukung, *Project Administrator* yang menangani aspek administratif, dokumentasi, dan koordinasi jadwal.
- c. Tenaga Operasional, yang mencakup pelaksana, penguji, pengawas pekerjaan, dan pengawas Kesehatan dan Keselamatan Kerja atau K3, sesuai dengan regulasi keselamatan kerja.

3. Biaya Langsung Non Personil

Biaya ini mencakup berbagai komponen pendukung yang bersifat operasional dan logistik. Biaya non personil merupakan elemen penting untuk menjamin kegiatan berjalan efektif, efisien, serta untuk memastikan kelancaran kegiatan serta kepatuhan terhadap regulasi keselamatan dan prosedur operasional. Kategori ini meliputi:

- a. Biaya Operasional Kantor, seperti komunikasi, sewa laptop, penggunaan printer, serta bahan habis pakai administrasi Alat Tulis Kantor atau ATK.
- b. Mobilisasi dan Demobilisasi, mencakup transportasi, penginapan, konsumsi, pencucian pakaian, dan tiket perjalanan.

- c. *Safety Equipment*, termasuk penyediaan Alat Pelindung Diri atau APD dan pengurusan *working permit*, sesuai dengan standar keselamatan kerja listrik.

Proporsi biaya menunjukkan bahwa komponen pengujian utama (DGA dan Furan) mendominasi total nilai kontrak, sementara biaya mobilisasi dan administrasi memiliki kontribusi relatif tetap terhadap total biaya. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi volume pengujian terutama memengaruhi komponen biaya langsung, sedangkan komponen tetap tidak terlalu sensitif terhadap perubahan volume.

3.2.2. Ruang Lingkup dan Dampak Terhadap Pembentukan Harga

Ruang lingkup pekerjaan mencakup:

- a. Melakukan pengambilan sampel minyak transformator secara langsung terhadap unit transformator.
- b. Melakukan pengambilan sampel minyak transformator secara langsung terhadap unit transformator dengan pelaksanaan di laboratorium yang tersedia di Unit Pelaksana Transmisi atau UPT setempat.
- c. Memberikan rekomendasi atas hasil asesmen dan analisis kondisi kesehatan transformator.
- d. Melakukan *reporting* setiap bulannya kepada PLN atas kondisi kesehatan transformator ke dalam aplikasi Power Inspect.

Beberapa faktor yang mempengaruhi struktur harga satuan, antara lain:

- a. Kolaborasi operasional karena penyamplingan melibatkan operator Gardu Induk atau GI sehingga menambah biaya koordinasi dan mobilisasi.
- b. Skema *Managed Service* yang menggunakan basis harga per transformator per item pengujian, termasuk SLA berupa jumlah transformator yang diuji dan dimonitor. SLA yang disepakati antara PLN dan PLNE adalah jumlah realisasi pengambilan sampel sebanyak 100%.
- c. Ketergantungan pada volume transformator, di mana semakin besar jumlah transformator yang direalisasikan, semakin optimal pemanfaatan sumber daya dan biaya laboratorium.

3.2.3. Gambaran Umum Jenis Kontrak

1. Kontrak *Lump Sum* (Harga Tetap)
Pada skema *Lump Sum*, seluruh item pengujian diakumulasi dalam satu nilai kontrak tetap. Kontrak *Lump Sum* cocok digunakan pada proyek yang lingkup pekerjaannya sudah jelas, risiko perubahan kecil, dan mudah diprediksi. Meski administrasinya lebih sederhana, kontrak ini menjadi kurang efisien jika terjadi pekerjaan yang tidak terealisasi karena tetap dibayarkan sesuai kesepakatan awal.
2. Kontrak Per Realisasi (*Unit Price*)
Pada skema *Unit Price*, setiap parameter pengujian memiliki harga satuan tersendiri. Kontrak *unit price* lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan jumlah dan jenis pekerjaan. Metode ini ideal untuk pekerjaan berulang atau dengan volume yang belum pasti karena sistem pembayarannya berdasarkan realisasi yang tervalidasi, sehingga lebih transparan dan efisien dalam pengelolaan anggaran.

3.2.4. Studi Kasus Pelaksanaan *Managed Service* Tahun 2023-2024

3.2.4.1. Studi Kasus Pelaksanaan *Managed Service* Tahun 2023

PLNE sebagai penyedia jasa menyetujui menyelesaikan pekerjaan *Managed Service* dengan harga tetap dan jumlah unit sampel yang sudah ditetapkan sejak awal, terlepas dari jumlah biaya aktual yang dikeluarkan. Wilayah pelaksanaan meliputi PLN Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Barat atau PLN UIT JBB dan PLN Unit Induk Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sulawesi atau PLN UIP3B Sulawesi. Adapun jumlah unit sampel yang disepakati dalam kontrak dan realisasi adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Jumlah Sampel Minyak pada Kontrak Tahun 2023 (PLNE, 2023)

No	Uraian	Satuan	Volume Terkontrak	Volume Realisasi
1	DGA	Unit Sampel Minyak	155	155
2	Karakteristik Minyak	Unit Sampel Minyak	155	155
3	Furan	Unit Sampel Minyak	155	0

Dalam realisasi kontrak pekerjaan Layanan *Managed Service* Manajemen Aset Transmisi PLNE pada tahun 2023, disimpulkan bahwa tidak semua transformator memerlukan pengujian furan karena hasil DGA menunjukkan kondisi baik (Muhtar & Umar, 2023). Akibatnya, terdapat anggaran tidak terserap, terutama untuk item furan.

3.2.4.2. Implementasi Pengujian Transformator Tahun 2024

Pada tahun 2024, PLNE mengimplementasikan program manajemen aset transformator melalui layanan *Managed Service* pada beberapa wilayah strategis, dengan Kontrak Per Realisasi (*Unit Price/Harga Satuan*) di mana pembayaran dilakukan berdasarkan volume pekerjaan yang benar-benar direalisasikan sesuai harga per unit yang telah disepakati. Wilayah pelaksanaan meliputi PLN UIP3B Sulawesi, PLN UIP3B Sumatera, dan PLN UIP3B Kalimantan. Adapun jumlah unit sampel yang disepakati dalam kontrak dan realisasi adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Jumlah Sampel Minyak pada Kontrak Tahun 2024 (PLNE, 2024)

No	Uraian	Satuan	Volume Terkontrak	Volume Realisasi
1	DGA	Unit Sampel Minyak	281	281
2	Karakteristik Minyak	Unit Sampel Minyak	281	281
3	Furan	Unit Sampel Minyak	29	29

Program ini sekaligus menjadi dasar uji coba teknis untuk integrasi data hasil laboratorium ke dalam sistem digital aset (*Power Inspect* dan *New TrAMA*). Keberhasilan implementasi tahun 2024 menunjukkan bahwa pemrosesan terpusat dapat meningkatkan konsistensi kualitas data dan mempercepat penyusunan rekomendasi teknis.

3.2.4.3. Studi Kasus Efektivitas Perbandingan Metode Kontrak Pengujian Transformator *Lump Sum* vs *Unit Price* (Per Realisasi)

Berdasarkan ruang lingkup pekerjaan, jumlah item pengujian yang direncanakan terdiri atas tiga jenis, yaitu *dissolved gas analysis* (DGA), pengujian karakteristik minyak *main tank*, dan pengujian furan. Total unit sampel minyak transformator yang dianalisis sebanyak 155 unit, sehingga secara perencanaan terdapat 465 unit biaya pengujian (3 item pengujian $\times$ 155 unit sampel), dengan asumsi bahwa setiap item pengujian memiliki standar biaya yang sama untuk satu unit sampel. Namun demikian, dalam pelaksanaannya pengujian furan tidak dibutuhkan sehingga alokasi anggaran untuk item tersebut tidak terserap. Kondisi ini berdampak pada deviasi antara perencanaan biaya awal dan realisasi anggaran, khususnya pada komponen pengujian furan yang tidak terealisasi.

1. Skema Kontrak *Lump Sum*

Dalam kontrak *Lump Sum*, total anggaran sudah ditetapkan untuk 3 item $\times$ 155 unit = 465 unit biaya. Karena item Furan tidak dibutuhkan, anggaran untuk item Furan tidak dapat dikurangi dan tetap dibayarkan. Biaya yang benar-benar digunakan hanya untuk DGA + Karakteristik Minyak *Main Tank* = 2 item $\times$ 155 unit = 310 unit. Total anggaran = 3 item $\times$ 155 unit = 465 unit. Efektivitas biaya dihitung sebagai:

$$E = \frac{\text{Nilai pekerjaan terealisasi}}{\text{Nilai pembayaran aktual}} \times 100\% \quad (7)$$

$$E = \frac{310}{465} \times 100\%$$

$$E \approx 67\%$$

Nilai 67% pada skema *Lump Sum* diperoleh dari rasio antara nilai pekerjaan aktual yang terealisasi terhadap total nilai kontrak tetap. Nilai ini menunjukkan bahwa hanya 67% dari nilai kontrak yang benar-benar merepresentasikan pekerjaan yang terealisasi. Dengan kata lain, terdapat 33% nilai pembayaran yang tidak menghasilkan output teknis aktual akibat item pengujian yang tidak dilaksanakan namun tetap dibayarkan sesuai kontrak tetap.

2. Skema Kontrak *Unit Price* / Per Realisasi

Dalam kontrak per realisasi, pembayaran hanya dilakukan untuk item yang benar-benar diuji. Item Furan tidak diuji sehingga tidak dibayar. Biaya yang direalisasikan = 2 item $\times$ 155 unit = 310 unit. Total biaya yang seharusnya dialokasikan jika semua item diuji = 465 unit. Efektivitas biaya = biaya yang benar-benar digunakan dibandingkan biaya yang seharusnya dialokasikan jika semua item diuji:

$$E = \frac{\text{Nilai pekerjaan terealisasi}}{\text{Nilai pembayaran aktual}} \times 100\% \quad (8)$$

$$E = \frac{310}{310} \times 100\%$$

$$E \approx 100\%$$

Pada skema *Unit Price*, nilai pembayaran sepenuhnya berbasis pada volume aktual yang dikerjakan, sehingga rasio efektivitas mencapai 100%. Namun demikian, angka ini menunjukkan kesesuaian administratif antara pembayaran dan realisasi, bukan berarti bebas dari risiko biaya lain seperti *overhead* tetap atau fluktuasi harga satuan.

Dalam perbandingan efektivitas perbandingan metode kontrak pengujian transformator *lump sum* vs *unit price* disimpulkan bahwa Kontrak *Lump Sum* kurang efektif jika ada item yang tidak diperlukan karena tetap membayar anggaran penuh, sedangkan Kontrak *Unit Price* / per realisasi lebih efektif karena biaya hanya dibayarkan sesuai pekerjaan yang dilakukan, sehingga fleksibel dan hemat anggaran.

Dalam perspektif manajemen proyek, efektivitas biaya tidak hanya berkaitan dengan kesesuaian pembayaran terhadap kontrak, tetapi juga terhadap output aktual (*earned value*). Pada skema *Lump Sum*, perbedaan antara nilai kontrak dan nilai pekerjaan aktual dapat dipahami sebagai bentuk *cost variance* negatif dalam kerangka *earned value management*. Kondisi ini merepresentasikan potensi *opportunity cost*, yaitu alokasi anggaran yang tidak sepenuhnya menghasilkan output teknis.

Sebaliknya, skema *Unit Price* menunjukkan keselarasan antara *actual cost* dan *earned value* karena pembayaran hanya dilakukan atas pekerjaan yang terealisasi. Hal ini memperkuat argumen bahwa model pembayaran berbasis realisasi lebih sesuai untuk layanan dengan volume yang bersifat dinamis.

3.2.5. Analisis Sensitivitas Volume

Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa pada skema *Lump Sum*, penurunan volume pengujian tidak mengurangi total pembayaran, sehingga terjadi inefisiensi relatif ketika realisasi lebih rendah dari perencanaan. Sebaliknya, pada skema *Unit Price*, total biaya berbanding lurus dengan volume aktual, sehingga lebih adaptif terhadap variasi kebutuhan.

Secara matematis:

- Pada *Lump Sum*:

$$\Delta V \neq \Delta C \quad (8)$$

- Pada *Unit Price*:

$$\Delta V \propto \Delta C \quad (9)$$

di mana:

V = volume

C = total biaya

Hal ini menunjukkan bahwa *Unit Price* memiliki elastisitas biaya terhadap volume yang lebih tinggi dibandingkan *Lump Sum*.

3.2.6. Temuan Kristis Struktur Harga

Beberapa temuan penting meliputi:

1. Overproyeksi volume furan menyebabkan anggaran tidak terserap.
2. Harga satuan laboratorium sudah sesuai standar industri, tetapi biaya mobilisasi sangat dipengaruhi jarak GI dan biaya personel meningkat pada wilayah dengan akses geografis sulit.
3. Penyerapan anggaran meningkat bila perencanaan volume disesuaikan lebih dekat dengan hasil asesmen DGA.

3.3. Pembahasan Administrasi Kontrak

3.3.1. Efisiensi Administrasi Dengan Skema Harga Satuan/*Unit Price*

Dalam literatur manajemen kontrak, *Lump Sum* termasuk kategori *fixed price contract* yang mentransfer risiko volume kepada penyedia jasa, tetapi pada layanan berbasis kebutuhan teknis aktual, risiko variasi volume dapat berdampak pada efisiensi anggaran pemberi kerja (Turner, 2014). *Unit Price* lebih mendekati model pembayaran berbasis kuantitas aktual, yang memungkinkan fleksibilitas terhadap ketidakpastian kebutuhan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori alokasi risiko kontraktual yang menyatakan bahwa pemilihan tipe kontrak harus mempertimbangkan tingkat ketidakpastian volume pekerjaan (Kerzner, 2017). Pada konteks pengujian transformator, kebutuhan pengujian sangat dipengaruhi oleh kondisi aset dan hasil diagnosis awal, sehingga secara karakteristik termasuk pekerjaan dengan variabilitas tinggi. Skema harga satuan memberikan sejumlah keunggulan administratif, antara lain:

1. **Fleksibilitas volume**
Skema ini memungkinkan fleksibilitas dalam pengelolaan anggaran karena penyesuaian dapat dilakukan tanpa harus mengubah kontrak secara keseluruhan, selama harga satuan tidak berubah.
2. **Transparansi dan akuntabilitas tinggi**
Setiap item pengujian memiliki nilai terpisah yang mudah diverifikasi.
3. **Ease of audit**
Setiap aktivitas memiliki harga satuan, sehingga proses pemeriksaan dapat dilakukan berdasarkan bukti pekerjaan.
4. **Kesiapan Data dan Informasi Aset**
Informasi terkait kondisi transformator (umur, lokasi, kapasitas, histori gangguan) menjadi dasar untuk menentukan prioritas dan jumlah pengujian, sehingga mempengaruhi penggunaan anggaran terhadap prioritas perlakuan aset.
5. **Dukungan terhadap Governance, Risk Management, dan Compliance atau GRC**
Skema ini mendukung implementasi prinsip (Zwikael & Smyrk, 2019):
 - *Governance*: standar pengujian jelas dan terukur.
 - *Risk Management*: pengendalian risiko kegagalan transformator melalui *Health Index* (Sugiman & Purnomo, 2024).
 - *Compliance*: patuh terhadap *Term of Reference* atau TOR, Standard Operasional Prosedur atau SOP laboratorium, dan prosedur pengadaan.

3.3.2. Mekanisme Pembayaran dan Proses Administratif

Dalam kontrak *Managed Service*:

1. Termin pembayaran dilakukan setiap bulan, Pelaksanaan pengujian dilakukan berdasarkan kebutuhan aktual di lapangan dan pembayaran disesuaikan dengan jumlah unit atau volume pengujian yang telah diverifikasi oleh pihak pemberi kerja.
2. Pembayaran berdasarkan realisasi pengujian, dengan dokumen pendukung meliputi bukti pengambilan sampel, rekapitulasi unit pengujian, laporan melalui *One Gate System Transfer* atau OGSyT dalam bentuk *Link Share* Data Terproteksi atau LSDT.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menganalisis efektivitas biaya skema kontrak *Lump Sum* dan *Unit Price* dalam layanan *Managed Services* pengujian kesehatan transformator periode 2023–2025 menggunakan pendekatan komparatif kuantitatif berbasis rasio kesesuaian antara volume terealisasi dan pembayaran aktual. Hasil analisis menunjukkan bahwa skema *Lump Sum* menghasilkan tingkat efektivitas sebesar 67%, yang mencerminkan adanya pembayaran atas item pengujian yang tidak terealisasi. Sebaliknya, skema *Unit Price* menunjukkan kesesuaian penuh antara volume aktual dan nilai pembayaran, sehingga dalam konteks pengukuran berbasis realisasi volume item uji, rasio efektivitas mencapai 100%. Namun demikian, capaian tersebut terbatas pada analisis komponen biaya langsung berbasis volume dan belum memperhitungkan *overhead* tetap, risiko fluktuasi harga, maupun efisiensi jangka panjang.

Evaluasi pelaksanaan kontrak tahun 2023–2025 juga menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara volume rencana dan realisasi, khususnya pada pengujian furan, yang menyebabkan anggaran tidak terserap secara optimal. Temuan ini menegaskan pentingnya perencanaan berbasis kondisi aktual aset serta pemilihan model kontrak yang adaptif terhadap variasi kebutuhan teknis.

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan literatur administrasi kontrak dan manajemen aset dengan menunjukkan bahwa struktur pembayaran kontrak berimplikasi langsung terhadap efektivitas biaya pada layanan teknik dengan karakteristik volume dinamis. Studi ini memperkuat argumentasi bahwa kontrak berbasis harga satuan lebih adaptif dibandingkan kontrak nilai tetap dalam konteks layanan pengujian transformator.

Dari sisi manajerial, penerapan skema *Unit Price* terbukti meningkatkan transparansi, akuntabilitas, serta kemudahan verifikasi teknis dan audit, sejalan dengan prinsip GRC. Implementasi ini juga mendukung fleksibilitas pengelolaan anggaran dan selaras dengan digitalisasi melalui sistem *Power Inspect* dan *New TrAMA* sebagai basis pengambilan keputusan berbasis data. Oleh karena itu, diperlukan standarisasi proses dan harga satuan, penguatan sistem digital administrasi kontrak, optimalisasi laboratorium internal, serta peningkatan kompetensi administrasi secara berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan data dari satu entitas dan satu jenis layanan dalam rentang waktu tertentu, sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Selain itu, analisis difokuskan pada efektivitas biaya berbasis volume tanpa memasukkan pendekatan risiko kontraktual atau analisis *life-cycle cost*.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk memperluas unit analisis pada berbagai jenis layanan teknik, membandingkan beberapa entitas, serta mengintegrasikan pendekatan *earned value management*, analisis risiko, atau model optimasi kontrak guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai efisiensi skema pengadaan jasa teknik.

DAFTAR PUSTAKA

- Cinar, M. A. (2024). Modified dissolved gas analysis scoring approach for transformer health evaluation. *Energies*, 17(16), 4161. <https://doi.org/10.3390/en17164161>
- Djain, M., Sartono, K., & Suryadi, S. (2025). Analisis perbaikan transformator berdasarkan hasil pengujian DGA di PLTU Gresik. *Indonesian Research Journal of Engineering (IRJE)*, 5(1), 1123–1139.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (12th ed.). Wiley.
- Muhtar, A., & Umar, I. A. (2023). DGA–Duval triangle analysis for early thermal fault diagnosis of transformer oil. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 23(2), 87–96. <https://journals2.ums.ac.id/emitor/article/view/13359>
- PMI. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Pradana, M. F., & Wicaksono, A. (2022). Analisis struktur biaya langsung dan tidak langsung pada proyek konstruksi gedung pemerintah. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 97–106.
- Prasojo, R. A., Nugroho, A., & Santoso, B. (2022). Case study and comparison of high voltage power transformer dissolved gas analysis assessed by different standards. *International Journal of Future*

- Technology and Engineering*, 3(1), 1–10.
<https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/IJFTE/article/view/3215>
- Rivai, M., Lubis, Z., & Syahputra, M. (2023). Dissolved gas analysis (DGA) testing analysis on 150 kV power transformers. *Infokum*, 11(2), 1024–1032.
<https://infor.seaninstitute.org/index.php/infokum/article/view/2966>
- Setyowati, F. D. (2024). *Pengembangan metode dan analisis health index terhadap umur dan beban operasi transformator daya* [Master's thesis, Institut Teknologi Bandung].
- Siregar, H. S., & Harahap, R. (2022). Analisis kandungan furan pada minyak transformator sebagai indikator degradasi kertas isolasi. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 9(2), 85–92.
- Sugiman, M. M., & Purnomo, H. D. (2024). Prediksi kegagalan transformator daya dengan metode dissolved gas analysis menggunakan random forest berbasis TDCG. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 8(1), 120–129. <https://doi.org/10.30865/mib.v8i1.7036>
- Sulistyowati, S., Nurhadi, S., & Kharisma, D. D. (2022). Pengaruh optimalisasi maintenance terhadap on load tap changer transformator daya 50 MVA 150/20 kV. *Jurnal ELTEK*, 20(2), 103–110. <https://doi.org/10.33795/eltek.v20i2.358>
- Turner, J. R. (2014). *Handbook of project-based management* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Wijanarko, D., & Anggreani, N. A. (2024). Studi analitik estimasi biaya tetap proyek konstruksi. *Jurnal Daktilitas*, 3(1), 17–24. <https://journal.unita.ac.id/index.php/daktilitas/article/view/819>
- Zwikael, O., & Smyrk, J. (2019). *Project governance: Balancing control and trust in handling risk*. *Project Management Journal*, 50(6), 643–655. <https://doi.org/10.1177/8756972819869801>