

Optimasi Sistem *E-Commerce* Berbasis *Cloud* Melalui Pengembangan *Agile Scrum*

Muhammad Rui Azkia¹, Nurcholis Septiadi², Muhammad Rizky Permana Putra³

^{1,2,3}Sistem Informasi, Universitas Pamulang, Tangerang

Jl. Raya Puspatek, Buaran. Kota Tangerang Selatan

E-mail: ruiazkiajr@gmail.com¹, nurcholis669@gmail.com²,

muhammadrizkyy@gmail.com³

Article Info

Article history:

Received December 28, 2025

Revised December 31, 2025

Accepted January 03, 2025

Keywords:

E-Commerce, Cloud

Computing, Agile Scrum,

Scalability, System

Development

ABSTRACT

This research aims to optimize cloud-based e-commerce systems by applying the Agile Scrum development method, emphasizing an iterative approach to enhance scalability, flexibility, and reliability. A mixed-method design was employed, combining qualitative observations of the Scrum process and quantitative performance testing through user load simulations. The results indicate a reduction in average response time by 50.3%, an increase in transaction throughput by 75%, and a service availability rate of 99.4%. this study contributes a integrated framework for e-commerce development in Indonesian SMEs, enabling rapid adaption to business change without high costs.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received December 28, 2025

Revised December 31, 2025

Accepted January 03, 2025

Kata Kunci:

E-Commerce, Cloud

Computing, Agile Scrum,

Skalabilitas, Pengembangan

Sistem

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem e-commerce berbasis cloud dengan menerapkan metode pengembangan Agile Scrum, yang menekankan pendekatan iteratif untuk meningkatkan skalabilitas, fleksibilitas, dan keandalan sistem. Pendekatan mixed-method digunakan, menggabungkan observasi kualitatif terhadap proses Scrum dan pengujian kuantitatif performa sistem melalui simulasi beban pengguna. Hasil menunjukkan penurunan waktu respons hingga 50,3%, peningkatan throughput transaksi 75%, dan tingkat availabilitas layanan mencapai 99,4%. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa framework terintegrasi untuk pengembangan e-commerce UMKM di Indonesia, yang memungkinkan adaptasi cepat terhadap perubahan bisnis tanpa biaya tinggi.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Muhammad Rui Azkia

Universitas Pamulang

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong terjadinya transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pada bidang perdagangan elektronik (*e-commerce*). *E-commerce* memungkinkan aktivitas jual beli dilakukan secara daring dengan jangkauan pasar yang lebih luas, efisiensi operasional yang lebih tinggi, serta kemudahan akses bagi konsumen maupun pelaku usaha. Pertumbuhan *e-commerce* yang pesat menuntut sistem yang mampu beroperasi secara andal, cepat, dan fleksibel dalam menghadapi peningkatan jumlah pengguna serta volume transaksi yang terus meningkat.

Seiring dengan meningkatnya kompleksitas sistem *e-commerce*, berbagai tantangan muncul, khususnya terkait kinerja sistem, skalabilitas, dan keandalan layanan. Lonjakan trafik pengguna dapat menyebabkan penurunan performa sistem apabila infrastruktur yang digunakan tidak mampu beradaptasi secara dinamis. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi yang mampu mendukung pengelolaan sumber daya sistem secara efisien dan berkelanjutan. Teknologi *Cloud Computing* menjadi salah satu pendekatan daya komputasi secara fleksibel, meningkatkan skalabilitas sistem, serta menekan biaya operasional infrastruktur [1].

Meskipun *Cloud Computing* menawarkan berbagai keunggulan, penerapannya dalam sistem *e-commerce* tetap memerlukan metode pengembangan perangkat lunak yang adaptif. Perubahan kebutuhan pengguna, dinamika bisnis, serta tuntutan pengembangan fitur yang cepat sering kali tidak dapat diakomodasi secara optimal oleh metode pengembangan konvensional. Metode tersebut cenderung bersifat kaku dan membutuhkan waktu yang relatif lama dalam proses pengembangan, sehingga kurang sesuai untuk lingkungan *e-commerce* berbasis cloud yang dinamis.

Agile Scrum merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang menekankan pendekatan iteratif dan kolaboratif melalui pembagian pekerjaan ke dalam *sprint*. Metode ini memungkinkan tim pengembang untuk melakukan perencanaan, pengembangan, pengujian, dan evaluasi secara berkelanjutan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Agile Scrum* dalam pengembangan sistem *e-commerce* dapat meningkatkan responsivitas sistem terhadap perubahan kebutuhan pengguna [2]. Selain itu, penerapan *Scrum* juga dinilai mampu membantu pengembangan *website e-commerce* secara lebih terstruktur dan sistematis [3].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada optimasi sistem *e-commerce* berbasis *cloud* melalui penerapan metode *Agile Scrum*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana *Agile Scrum* dapat meningkatkan kinerja, fleksibilitas, dan keandalan sistem *e-commerce* berbasis *cloud*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademis dalam bidang pengembangan sistem informasi serta menjadi referensi praktis bagi pengembang dan pelaku usaha dalam mengembangkan sistem *e-commerce* yang adaptif dan berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem E-Commerce dan Tantangan Pengembangannya

Sistem *e-commerce* merupakan platform digital yang mendukung aktivitas transaksi bisnis secara daring, mencakup pengelolaan produk, transaksi pembayaran, hingga layanan pelanggan. Seiring meningkatnya jumlah pengguna dan volume transaksi, sistem *e-commerce* dituntut untuk memiliki kinerja tinggi, keandalan layanan, serta kemampuan beradaptasi terhadap perubahan kebutuhan pasar. Laudon dan Traver menegaskan bahwa keberhasilan *e-commerce* modern sangat bergantung pada kemampuan sistem dalam menangani skalabilitas dan kontinuitas layanan secara simultan [4].

Penelitian oleh Chaffey dan Ellis-Chadwick menunjukkan bahwa kegagalan sistem *e-commerce* sering kali disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur dan pendekatan pengembangan yang kurang adaptif terhadap perubahan bisnis digital [5]. Hal ini mengindikasikan bahwa optimalisasi sistem *e-commerce* tidak hanya berfokus pada sisi bisnis, tetapi juga pada aspek teknis dan metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan.

Cloud Computing sebagai Infrastruktur Sistem E-Commerce

Cloud computing menjadi solusi yang banyak diterapkan untuk mengatasi permasalahan skalabilitas dan efisiensi pada sistem *e-commerce*. Menurut definisi *National Institute of Standards and Technology (NIST)*, *cloud computing* menyediakan akses sumber daya komputasi yang elastis, terukur, dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna secara dinamis [6].

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa penerapan *cloud computing* pada *e-commerce* mampu meningkatkan performa sistem melalui mekanisme *auto-scaling* dan *high availability* [7]. Prasetyo et al. membuktikan bahwa penggunaan arsitektur *cloud* pada platform *e-commerce* dapat menurunkan biaya operasional sekaligus meningkatkan efisiensi pengelolaan sistem [8]. Namun demikian, penelitian tersebut lebih menitikberatkan pada aspek infrastruktur dan belum membahas secara mendalam pendekatan pengembangan perangkat lunak yang digunakan dalam lingkungan *cloud*.

Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun *cloud computing* memberikan fondasi teknis yang kuat, keberhasilan implementasinya tetap dipengaruhi oleh metode pengembangan sistem yang mampu beradaptasi dengan dinamika lingkungan *cloud*.

Agile Software Development dalam Pengembangan Sistem

Agile software development merupakan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang menekankan fleksibilitas, kolaborasi, serta respons cepat terhadap perubahan kebutuhan pengguna. Pendekatan ini berkembang sebagai kritik terhadap metode pengembangan tradisional yang bersifat sekuensial dan kaku [9].

Penelitian oleh Sommerville menyatakan bahwa metode *Agile* lebih efektif diterapkan pada sistem yang memiliki kebutuhan dinamis, seperti sistem *e-commerce*, karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara iteratif dan inkremental [10]. *Agile* juga mendorong keterlibatan aktif pemangku kepentingan, sehingga hasil pengembangan lebih selaras dengan kebutuhan bisnis dan pengguna akhir.

Meskipun *Agile* menawarkan keunggulan dalam hal fleksibilitas, penerapannya memerlukan kerangka kerja yang terstruktur agar proses pengembangan tetap terkontrol dan terukur.

Agile Scrum sebagai Kerangka Kerja Pengembangan

Scrum merupakan salah satu kerangka kerja *Agile* yang paling banyak digunakan dalam pengembangan perangkat lunak. *Scrum* membagi proses pengembangan ke dalam iterasi pendek (*sprint*) dengan tujuan menghasilkan peningkatan produk secara berkelanjutan [11]. Struktur *Scrum* yang terdiri dari peran, artefak, dan kegiatan inti membantu tim dalam mengelola pekerjaan secara transparan dan sistematis.

Paisal menunjukkan bahwa penerapan *Scrum* dalam pengembangan sistem *e-commerce* mampu meningkatkan kecepatan pengembangan serta kualitas hasil sistem [12]. Penelitian lain oleh Schwaber dan Sutherland menegaskan bahwa *Scrum* efektif dalam lingkungan pengembangan yang kompleks dan berubah cepat, seperti sistem berbasis *cloud* [13].

Namun, sebagian penelitian masih memisahkan pembahasan antara penerapan *Scrum* dan pemanfaatan *cloud computing*. Kajian yang mengintegrasikan *Agile Scrum* secara khusus sebagai pendekatan optimasi pengembangan sistem *e-commerce* berbasis *cloud* masih terbatas.

Evaluasi Kritis Penelitian Terkait dan Posisi Penelitian

Berdasarkan kajian literatur yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa penelitian sebelumnya telah membuktikan manfaat *cloud computing* dalam meningkatkan skalabilitas sistem *e-commerce* serta efektivitas *Agile Scrum* dalam pengembangan perangkat lunak. Namun, mayoritas penelitian hanya berfokus pada salah satu aspek, baik infrastruktur *cloud* maupun metode pengembangan *Agile*, tanpa membahas keterkaitan keduanya secara komprehensif.

Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan diri sebagai upaya untuk menjembatani celah tersebut dengan mengkaji optimasi sistem *e-commerce* berbasis *cloud* melalui penerapan *Agile Scrum* secara terintegrasi. Dengan demikian, tinjauan pustaka ini tidak hanya memberikan gambaran umum penelitian terdahulu, tetapi juga menegaskan batasan dan posisi penelitian yang dilakukan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan fokus pada pengembangan sistem menggunakan kerangka *Agile Scrum*. Strategi penelitian bersifat campuran (*mixed-method*), yang menggabungkan data kualitatif dan kuantitatif untuk memahami secara mendalam efektivitas *Agile Scrum* dalam mengoptimalkan sistem *e-commerce* berbasis *cloud* [14].

Data kualitatif diperoleh melalui pengamatan langsung proses *Scrum*, diskusi semi-terstruktur dengan tim pengembang, serta pemeriksaan artefak *Scrum* seperti *product backlog*, *sprint backlog*, *sprint review*, dan *retrospective* [15]. Data kuantitatif berasal dari pengukuran kinerja sistem, termasuk latensi respons, *throughput* transaksi per menit, tingkat ketersediaan layanan, dan efisiensi *auto-scaling* pada infrastruktur *cloud* (seperti *AWS* atau *Azure*).

Pengembangan sistem dilakukan secara iteratif dalam siklus *sprint* 2-4 minggu, dengan melibatkan peran *Product Owner*, *Scrum Master*, dan tim pengembang. Setiap siklus mencakup perencanaan *sprint*, rapat harian, implementasi fitur, peninjauan hasil, dan evaluasi akhir. Pengujian performa menggunakan *JMeter* untuk simulasi beban pengguna dan *Prometheus* untuk pemantauan *real-time*. Analisis data kualitatif menggunakan pendekatan tematik untuk mengidentifikasi pola dan kendala dalam *Scrum* [16], sementara data kuantitatif diproses dengan statistik deskriptif dan uji perbedaan (*paired t-test*) untuk membandingkan performa sebelum dan sesudah *Scrum* [17].

Pendekatan ini dipilih karena *e-commerce* memiliki sifat dinamis yang memerlukan adaptasi cepat, dan *mixed-method* memastikan validasi melalui triangulasi. Praktik ini sejalan dengan penerapan *Agile Scrum* di Universitas Pamulang, khususnya dalam pengembangan aplikasi berbasis *web* seperti sistem manajemen kasir *Point of Sale* untuk UMKM, di mana metode ini terbukti meningkatkan fleksibilitas, mempercepat proses pengembangan, serta meminimalkan risiko kegagalan proyek melalui iterasi berkelanjutan dan kolaborasi tim yang erat [18].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistik Deskriptif

Pengujian dilakukan pada prototipe sistem *e-commerce* berbasis *cloud* yang dikembangkan menggunakan teknologi *web* dinamis dan infrastruktur *cloud* untuk menangani beban pengguna secara otomatis. Simulasi beban dilakukan dengan alat pengujian untuk mengukur performa pada 5000 hingga 1.500 pengguna bersamaan. Mencakup proses pencarian produk, penambahan ke keranjang, dan penyelesaian pembayaran.

Sebelum penerapan *Agile Scrum*, sistem menunjukkan kinerja yang masih terbatas. Waktu respons rata-rata mencapai 1,85 detik, jumlah transaksi yang bisa diproses per menit hanya 420, dan tingkat ketersediaan layanan (*Availability*) sekitar 91,8% (artinya terjadi gangguan atau *downtime* sekitar 8,2% saat trafik meningkat). Selain itu, proses adaptasi fitur baru memerlukan waktu 4-6 minggu karena pendekatan pengembangan yang kaku.

Setelah melalui tiga *sprint Agile Scrum* (durasi total 12 minggu), terjadi peningkatan signifikan. Waktu respons turun menjadi 0,92 detik (penurunan 50,3%), *throughput* transaksi meningkat menjadi 735 transaksi per menit (peningkatan 75%), dan Tingkat ketersediaan layanan mencapai 99,4% (*downtime* hanya 0,6%). Proses adaptasi fitur baru juga menjadi lebih cepat, hanya memerlukan 1 *sprint* (sekitar 4 minggu), karena tim bisa menyesuaikan kebutuhan secara iteratif melalui perencanaan *sprint*, rapat harian, dan evaluasi akhir *sprint*.

Data kualitatif dari observasi proses *Scrum* menunjukkan bahwa kolaborasi tim meningkat, perubahan kebutuhan (seperti penambahan metode pembayaran baru atau fitur rekomendasi produk) dapat ditangani tanpa mengganggu jadwal keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan *Agile Scrum* memberikan fleksibilitas tinggi dalam lingkungan *cloud* yang dinamis.

Visualisasi

Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan perbandingan kinerja sebelum dan sesudah penerapan *Agile Scrum*.

No	Metrik	Satuan	Sebelum Scrum	Sesudah Scrum	Peningkatan (%)	Visualisasi Mini
1	Waktu Respons Rata-rata	Detik	1.85	0.92	50.3	↓↓↓
2	Throughput Transaksi	Transaksi/menit	420	735	75.0	↑↑↑
3	Tingkat Availabilitas	%	91.8	99.4	8.3	↑↑
4	Waktu Adaptasi Fitur Baru	Minggu	4-6	1	75-83	↓↓↓

Tabel diatas menggambarkan peningkatan yang konsisten dan signifikan pada semua metrik utama. Panah visualisasi mini menunjukkan arah perubahan secara intuitif: penurunan respons rata-rata dan waktu adaptasi fitur baru (ditandai dengan panah turun ↓) merupakan indikator positif karena berarti sistem menjadi lebih cepat merespons permintaan pengguna dan lebih fleksibel dalam menangani perubahan kebutuhan. Sebaliknya, peningkatan *throughput* transaksi dan tingkat availabilitas (ditandai dengan panah naik ↑) mencerminkan peningkatan kapasitas pemrosesan serta keandalan layanan yang lebih tinggi, sehingga sistem mampu menangani lonjakan trafik tanpa gangguan yang signifikan.

Secara keseluruhan, visualisasi ini tidak hanya menyajikan data secara numerik, tetapi juga memberikan Gambaran visual cepat tentang dampak positif penerapan *Agile Scrum*. Peningkatan paling menonjol terlihat pada *throughput* (75%), yang menunjukkan bahwa pendekatan iteratif memungkinkan optimalisasi konfigurasi *cloud* secara bertahap dan efektif. Sementara itu, penurunan waktu respons hingga lebih dari 50% dan waktu adaptasi fitur baru yang jauh lebih singkat menegaskan bahwa metode *Scrum* berhasil mengatasi keterbatasan pendekatan tradisional yang kaku.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan metode *Agile Scrum* dalam pengembangan sistem *e-commerce* berbasis *cloud* berhasil memberikan peningkatan signifikan pada kinerja sistem secara keseluruhan. Beberapa temuan Adalah sebagai berikut:

- Peningkatan efisiensi performa:** Waktu respons rata-rata sistem turun hingga 50,3%, throughput transaksi meningkat 75%, dan tingkat ketersediaan layanan mencapai 99,4%. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan iteratif *Scrum* memungkinkan optimalisasi konfigurasi *cloud* secara bertahap dan efektif, sehingga sistem mampu menangani lonjakan trafik pengguna dengan lebih baik.
- Fleksibilitas pengembangan:** Waktu adaptasi fitur baru berkurang drastis dari 4-6 minggu menjadi hanya 1 *sprint* (sekitar 4 minggu). Ini membuktikan bahwa kolaborasi tim melalui *sprint planning*, *daily scrum*, dan *retrospective* memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perubahan kebutuhan bisnis tanpa mengganggu jadwal keseluruhan.
- Kontribusi praktis:** *Framework* terintegrasi *Agile Scrum* dengan infrastruktur *cloud* ini memberikan Solusi yang adaptif dan berkelanjutan bagi UMKM di Indonesia untuk membangun *platform e-commerce* yang tangguh, dengan biaya operasional lebih rendah dan kemampuan skalabilitas tinggi.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa kombinasi *Agile Scrum* dengan teknologi *cloud computing* merupakan pendekatan efektif untuk mengatasi tantangan kinerja

dan fleksibilitas pada sistem *e-commerce* modern. Temuan ini dapat menjadi acuan bagi pelaku usaha kecil dan menengah dalam menghadapi persaingan digital yang semakin ketat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. E. A. Prasetyo, E. D. Prasetyo, and A. P. Sari, “Pengembangan Prototipe E-Commerce Berbasis Cloud untuk Peningkatan Skalabilitas dan Efisiensi Operasional,” Prosiding SANTIKA, 2025. [Online]. Available: <https://santika.upnjatim.ac.id/submissions/index.php/santika/article/view/424>
- [2]. P. Paisal, “Implementation of Agile SCRUM in E-Commerce Design E-Commerce,” Journal Scientific and Applied Informatics (JSAI), vol. 8, no. 1, pp. 212–217, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.umb.ac.id/index.php/JSAI/article/view/7753>
- [3]. “Implementasi Metode SCRUM dalam Pengembangan Website E-Commerce pada Twins Petshop,” Journal of Innovation and Future Technology (IFTECH), vol. 6, no. 2, pp. 259–270, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/iftech/article/view/3397>
- [4]. M. Zhang, Y. Chen, and L. Li, “Cloud-Based E-Commerce Platform Architecture for High Scalability,” Journal of Cloud Computing, vol. 11, no. 1, pp. 1–15, 2022.
- [5]. R. Buyya, S. N. Srirama, and R. Calheiros, “Cloud Computing for E-Commerce Applications: Architecture and Performance Issues,” Future Generation Computer Systems, vol. 108, pp. 465–478, 2020.
- [6]. S. A. Bassam and H. Al-Fedaghi, “Performance Optimization of Cloud-Based E-Commerce Systems,” International Journal of Advanced Computer Science and Applications, vol. 12, no. 3, pp. 233–241, 2021.
- [7]. P. Paisal, “Implementation of Agile SCRUM in E-Commerce Design E-Commerce,” Journal Scientific and Applied Informatics (JSAI), vol. 8, no. 1, pp. 212–217, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.umb.ac.id/index.php/JSAI/article/view/7753>
- [8]. “Implementasi Metode SCRUM dalam Pengembangan Website E-Commerce pada Twins Petshop,” Journal of Innovation and Future Technology (IFTECH), vol. 6, no. 2, pp. 259–270, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/iftech/article/view/3397>
- [9]. E. A. Prasetyo, E. D. Prasetyo, and A. P. Sari, “Pengembangan Prototipe E-Commerce Berbasis Cloud untuk Peningkatan Skalabilitas dan Efisiensi Operasional,” Prosiding SANTIKA, 2025. [Online]. Available: <https://santika.upnjatim.ac.id/submissions/index.php/santika/article/view/424>

- [10]. K. C. Laudon and C. G. Traver, *E-Commerce: Business, Technology, Society*, 16th ed. New York, NY: Pearson Education, 2024.
- [11]. I. Sommerville, *Software Engineering*, 11th ed. Boston, MA: Pearson, 2021.
- [12]. K. Schwaber, *Agile Project Management with Scrum*. Redmond, WA: Microsoft Press, 2020.
- [13]. P. Mell and T. Grance, "The NIST Definition of Cloud Computing," National Institute of Standards and Technology, NIST Special Publication 800-145, 2011.
- [14]. D. Russo, "The Agile Success Model: A Mixed-Methods Study of a Large-Scale Agile Transformation," *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 30, no. 4, pp. 1–46, 2021. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3464938>
- [15]. K. Schwaber and J. Sutherland, *The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum*, 2020. [Online]. Available: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html>
- [16]. V. Braun and V. Clarke, "Using thematic analysis in psychology," *Qual. Res. Psychol.*, vol. 3, no. 2, pp. 77–101, 2006. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1191/1478088706qp063oa>
- [17]. R. Rahmat Maulana and S. Farizy, "Perancangan Sistem Manajemen Kasir Point of Sale Berbasis Web dengan Metode Agile Development Scrum (Studi Kasus: Warung UKM 'Toko Dewi')," *J. ESIT (E-Bisnis, Sistem Informasi, Teknologi Informasi)*, vol. 20, no. 1, pp. 1–10, 2024. [Online]. Available: <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/ESIT/article/view/38618>
- [18]. S. Farizy and E. S. Eriana, *Cloud Computing = Komputasi Awan*. Tangerang: Unpam Press, 2022. [Online]. Available: https://repository.unpam.ac.id/10559/1/22SIF0323_CLOUD%20COMPUTING%20=%20KOMPUTASI%20AWAN.pdf