

---

## PENGGUNAAN ALGORITMA FP-GROWTH UNTUK MENENTUKAN PAKET PENJUALAN PADA TOKO PERLENGKAPAN KONVEKSI SRI BUSANA

Andri Triyono, M.T.; Dhika Malita Puspita Arum, M.Kom.; Rahmawan Bagus Trianto,  
M.Kom.

---

### ABSTRACT

*Consumers of the Sri Busana convection shop are mostly tailors, both home and convection tailors, which are pretty large, especially in Grobogan district. The increasing number of fashion businesses or tailors in Grobogan district makes data on goods and sales at the sri busana convection shop increase because the sri busana convection shop always strives to meet the needs of tailors or home convection. In overcoming the problem of finding more efficient consumer patterns, an analysis of buying patterns is carried out. Consumer buying patterns were analyzed using Association rules and FP-Growth methods. With this algorithm, the process of determining consumer purchasing patterns consists of 2 product combinations with a support value of 50% and a confidence value of 100%. 3 product combinations with a support value of 40% and a confidence value of 80%. 4 product combinations with a support value of 40% and a confidence value of 80%.*

**Keywords:** toko; transaksi\_penjualan; data\_mining; fp\_growth; konsumen;

---

#### Correspondence:

Andri Triyono, M.T.

Universitas An Nuur, Email; [andritriyono1@gmail.com](mailto:andritriyono1@gmail.com)

Dhika Malita Puspita Arum, M.Kom.

Universitas An Nuur, Email; [dhika.malita.11@gmail.com](mailto:dhika.malita.11@gmail.com)

Rahmawan Bagus Trianto, M.Kom.

Universitas An Nuur, Email; [rahmawanbagust@gmail.com](mailto:rahmawanbagust@gmail.com)

---

### PENDAHULUAN

Toko Sri Busana adalah salah satu toko yang menyediakan perlengkapan

konveksi di kabupaten Grobogan, pihak penjualan harus dapat menentukan pola strategi penentuan paket produk yang lebih

efisien dan tepat sasaran agar selalu unggul dalam bidang penjualan sehingga dapat memuaskan konsumen.

Konsumen dari toko konveksi Sri Busana adalah sebagian besar dari kalangan penjahit, baik penjahit rumahan maupun konveksi yang cukup besar khususnya di kabupaten Grobogan. Semakin bertambahnya usaha tata busana atau penjahit di kabupaten Grobogan membuat data barang dan penjualan di toko konveksi sri busana semakin meningkat, karena toko konveksi sribusana selalu berupaya untuk memenuhi kebutuhan para penjahit atau konveksi rumahan. Dalam mengatasi masalah untuk menemukan pola konsumen yang lebih efisien maka dilakukanlah analisa pola pembelian.

Toko konveksi Sri Busana yang sudah berdiri cukup lama, telah memiliki data penjualan yang banyak. Dari pembelian tersebut diketahui ada yang membeli banyak barang dengan kuantitas yang kecil dan ada juga yang membeli sedikit item tetapi dengan kuantitas yang banyak. Data yang didapatkan dalam database penjualan adalah sebanyak 24653 nota penjualan dan 99739 item produk yang sudah terbeli. Maka dari itu pihak toko akan kesulitan dalam mengenali pola pembelian oleh konsumen.

Tujuan dari penelitian ini adalah kita dapat mengenali pola pembelian oleh konsumen toko Sri busana, sehingga toko Sri busana dapat membuat berbagai paket penjualan yang terdiri dari beberapa item yang sesuai dengan kecenderungan atau pola pembelian konsumen yang terjadi pada toko Sri busana selama ini.

## **METODE PENELITIAN**

### **Tinjauan Pustaka**

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho Susanto Putro & Indra Gunawan, n.d.) dengan permasalahan PT. HAB mengalami permasalahan dalam menjual hasil panen. Permasalahan pertama, produk PT. HAB adalah sayur dan buah segar tanpa pengawet yang tidak dapat bertahan lama. Permasalahan kedua, perilaku pelanggan sulit ditebak di pasar sehingga barang tidak terjual maksimal. PT. HAB memerlukan strategi pemasaran yang tepat. Kebiasaan belanja pelanggan dapat dicari polanya menggunakan teknik data mining asosiasi. Penelitian tersebut menggunakan dua algoritma dalam analisis asosiasi, yaitu Apriori dan FP-Growth. Penelitian ini menggunakan minimum suport 0,05 dan minimum confidence 0,9, menghasilkan 21 rule yang dapat digunakan sebagai strategi pemasaran PT. HAB.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Hidayat et al., 2019) dengan permasalahan

Toko online Breiliant ingin meningkatkan kepuasan dan pendapatan toko. Toko ingin menganalisis pola pembelian oleh konsumen. Untuk membentuk kombinasi produk menggunakan metode asosiasi dan Analisis menggunakan FP-Growth. Penelitian ini menghasilkan Produk yang memiliki dukungan dan kepercayaan yang kuat adalah Original Liquid Bleaching Seeds, Harva Peeling Gel dan Castor oil. Produk tersebut memiliki nilai dukungan 8,8% dan nilai kepercayaan 30%, dengan waktu penyaringan 0,036 detik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Mustakim et al., 2018) dengan permasalahan Toko Berkah di kota Pekanbaru ingin menganalisa dan memperbaharui tata letak produk yang tepat sesuai dengan pola pembelian konsumen. Penelitian ini menggunakan metode Analisis kombinasi produk menggunakan Metode FP-Growth. Penelitian ini menghasilkan Algoritma FP-Growth lebih efektif dalam menghasilkan frekuensi yang sering dan informatif aturan asosiasi untuk mengetahui pola belanja konsumen pada Toko Berkah Pekanbaru dibandingkan dengan algoritma apriori. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penerapan algoritma FP-Growth dan Apriori untuk analisis pola pembelian konsumen di Toko Berkah dapat

meningkatkan pendapatan atau keuntungan secara keseluruhan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Abdullah, 2018) terkait permasalahan Keragaman perilaku konsumen dalam memilih barang yang ingin dibeli menjadi permasalahan tersendiri bagi para penjual yang ingin meningkatkan penjualannya. Metode yang digunakan adalah Analisa pola pembelian menggunakan Algoritma FP-Growth. Penelitian ini mendapatkan Hasil dari association rules menggunakan FP-Growth dijadikan rekomendasi bagi para penjual/retailer dalam memberikan paket penjualan barang bagi konsumennya dan hasil dari penelitian ini adalah ditemukan dua pasangan item barang yakni kopi, gula dan teh, susu yang memiliki support sebesar 30% dan confidence sebesar 70%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Wahana et al., 2018) terkait permasalahan Pola atau kombinasi obat perlu diusulkan dalam kegiatan distribusi obat ke masing-masing puskesmas agar sesuai dengan kebutuhan obat pada masing-masing puskesmas. Metode yang digunakan dalam Analisa pola pembelian menggunakan Algoritma FP-Growth. Berdasarkan pengujian sistem black box yang dilakukan di Dinas Kesehatan Kabupaten Purwakarta Indonesia yang membawahi 20 Puskesmas

dengan 100 data transaksi distribusi obat, dapat disimpulkan bahwa fungsionalitas sistem berjalan dengan baik dan SCM berhasil dilaksanakan untuk mengatur proses distribusi obat dengan baik. Selanjutnya algoritma FPGrowth mampu memberikan rekomendasi distribusi obat dengan tingkat kesuksesan yang tinggi. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengujian dengan berbagai kombinasi parameter input, FP-Growth mampu menghasilkan frekuensi item set yang tepat.

### Association Rule Mining

Association rule mining merupakan suatu teknik untuk mencari hubungan antar item dalam suatu set data yang ditentukan. Dalam menentukan suatu hubungan, terdapat ukuran kepercayaan (interestingness measure), yaitu : (1) Support : support merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa besar tingkat dominasi suatu barang (item atau itemset) terhadap keseluruhan transaksi. Ukuran ini digunakan untuk menentukan apakah suatu item atau itemset layak untuk dicari confidence-nya. (2) Confidence : confidence merupakan suatu ukuran yang menunjukkan hubungan antara dua buah barang atau item secara conditional. Sebagai contoh jika confidence A dan B bernilai satu (100%), maka dapat disimpulkan bahwa jika pelanggan

membeli A pasti membeli B. Akan tetapi jika nilai confidence hanya mendekati satu (misal 0,08) maka kesimpulannya adalah jika pelanggan membeli barang A maka cenderung membeli B(Lin & Lo, 2013).

Nilai support dan nilai confidence dirumuskan seperti Persamaan 1 dan Persamaan 2

$$Support(A) = \frac{\text{Jumlah transaksi yang mengandung A}}{\text{Total transaksi}} \quad (1)$$

$$Confidenc(A,B) = \frac{P(A \wedge B)}{A} = \frac{\text{Jumlah transaksi yang mengandung A dan B}}{\text{Jumlah transaksi yang mengandung A}} \quad (2)$$

Gambar 1. Persamaan Association Rules

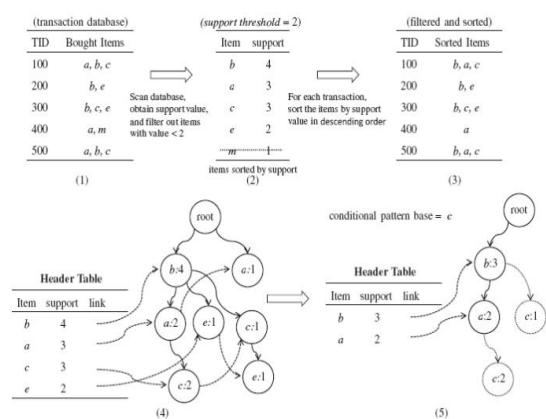
### Algoritma FP-Growth

Algoritma analisis keranjang belanja berbasis pohon (tree) diusulkan oleh Han tahun 2000. Han menyebutkan bahwa algoritma ini sangat efektif karena untuk menyelesaikan tugas penambangan hanya membutuhkan dua kali scan basis data(Han et al., 2000).

Scan pertama menghitung support untuk setiap item. Scan ini juga membuat header table, merekam nama item, dan nilai support yang sesuai serta node-link yang menghubungkan ke node pertama dalam FP-tree dengan nama item yang sama. Nilai support pada header table diurutkan dari nilai terbesar ke nilai terkecil. Item yang mempunyai nilai support di bawah ambang batas dihapus (disaring).

Scan kedua, item yang tersisa diurutkan berdasarkan nilai support mereka kemudian

dimasukkan ke dalam FP-tree. Struktur FP-tree mengandung root node labelled sebagai null, satu set sub tree item-prefix sebagai anak akar (the children of root), dan header tabel. Struktur node FP-tree adalah , dimana nama item adalah nama item yang digunakan untuk identifikasi, count adalah jumlah transaksi yang mencapai node ini dengan path yang sama dari root, dan node-link adalah pointer yang menghubungkan ke node berikutnya dalam FP-tree(Sulastri & Gufroni, 2017). Konstruksi FP-growth ditunjukkan seperti pada Gambar dibawah ini



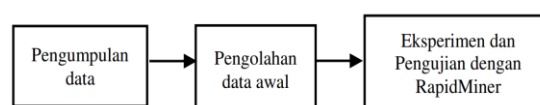
Gambar 2. Konstruksi FP-growth

Langkah pertama adalah melakukan scan basis data kemudian menghitung nilai support masing-masing item. Pada contoh di atas, nilai support b adalah : empat, nilai support a adalah tiga, nilai support c adalah tiga, nilai support e adalah dua, dan nilai support m adalah satu. Selanjutnya item yang mempunyai nilai support di bawah ambang batas dihapus (disaring). Pada

contoh di atas ambang batas yang ditentukan adalah dua. Maka item m akan terhapus karena memiliki nilai support di bawah ambang batas. Langkah kedua, melakukan scan basis data ulang. Item yang tersisa (b, a, c, e) diurutkan berdasarkan nilai support mereka kemudian dimasukkan ke dalam FP-tree.

### Alur penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan jenis eksperimen dengan tiga tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. Tahapan penelitian

#### 1. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan pada Toko Perlengkapan Konveksi Sri Busana pada bulan Maret tahun 2022. Transaksi yang terdapat pada toko tersebut sampai pada bulan maret 2022 adalah sebanyak 24653 transaksi.

#### 2. Pengolahan data awal

Proses pengolahan data awal dilakukan dengan mengubah data penjualan kedalam representasi biner (mengubah dengan angka 1 jika data terisi dan mengubah dengan angka 0 jika tidak terisi) dari data transaksi barang yang terjual. Data hasil penjualan akan diubah kedalam

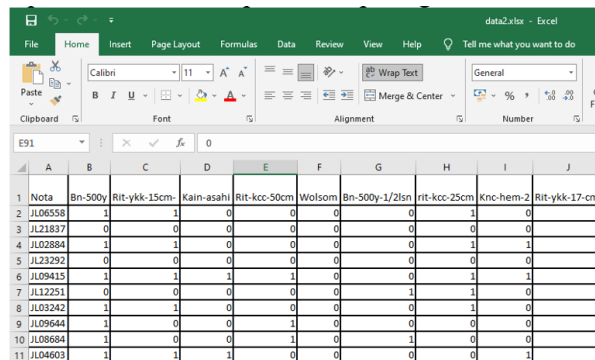
format data tabular dan kemudian dicari support dan confidence.

### 3. Eksperimen dan Pengujian dengan RapidMiner

Setelah diubah kedalam representasi biner dalam format data tabular, maka langkah selanjutnya dilakukan eksperimen dan pengujian dengan menggunakan software RapidMiner.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan sampel data dilakukan dengan cara melakukan analisa data penjualan yang ada di aplikasi penjualan Toko Sri Busana. Data tersebut berada dalam database MySQL dan akan kita lakukan export data untuk menjadi data Excel, tentunya akan kita lakukan perubahan value pada kolom barang yang berupa nilai 1 yang berarti beli dan nilai 0 yang berarti tidak dibeli pada kolom nama barang pada masing-masing nota penjualan. Data export data dapat dihasilkan 24653 baris nota transaksi dan 2388 nama barang sebagai kolom. Sampel data berupa excel tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Nota	Bn-500y	Rit-ykk-15cm	Kain-asahi	Rit-kcc-50cm	Wolsom	Bn-500y-1/2ltn	rit-kcc-25cm	kno-hem-2	Rit-ykk-17-cm
2	JL06558	1	1	1	0	0	0	0	1	0
3	JL21837	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	JL02884	1	1	0	0	0	0	0	1	1
5	JL23292	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	JL09415	1	1	1	1	0	0	0	1	1
7	JL12251	0	0	0	0	0	0	1	1	0
8	JL03242	1	1	0	0	0	0	0	1	0
9	JL09644	1	0	0	1	0	0	0	0	1
10	JL08684	1	0	0	1	0	0	1	0	1
11	JL04603	1	1	1	0	0	0	0	0	1

Gambar 4. Sampel data

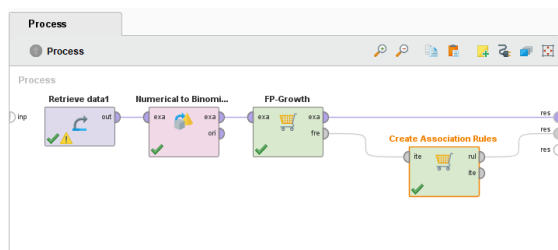
Pada gambar diatas terlihat kolom paling kiri adalah nomor nota dan pada kolom selanjutnya ada nama barang. Isi dari tabel tersebut adalah value dimana barang yang dibeli pada masing-masing nota yang berarti value 1 untuk barang yang dibeli dan value 0 untuk barang yang tidak dibeli.

Setelah kita melakukan export data dari database MySQL, maka selanjutnya kita import data tersebut ke dalam program Rapid Miner. Untuk keperluan Asosiasi FP-Growth maka value pada data akan kita ubah menjadi binominal. sehingga value berubah menjadi *true* untuk value 1 dan *false* untuk value 0. Data binominal dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Row No.	Bn-500y	Rit-ykk-15cm.	Kain-asahi	Rit-kcc-50cm	Wolsom	Bn
1	true	true	false	false	false	fal
2	false	false	false	false	false	fal
3	true	true	false	false	false	fal
4	false	false	false	false	false	fal
5	true	true	true	true	false	fal
6	false	false	false	false	false	tru
7	true	true	false	false	false	fal
8	true	false	false	true	false	fal

Gambar 5. Data Binominal

Proses yang kita lakukan pada program Rapid Miner adalah melakukan import data yang berupa data excel, melakukan convert value menggunakan numerical to binomial, lalu menempatkan proses FP Growth dan Create Association Rules. Desain Proses dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 6. Proses metode penelitian

Pada algoritma FP Growth kita menentukan nilai support yaitu minimal 0,3 dan pada Create Association Rules kita menentukan nilai Confidence minimal 0,5. Dengan nilai-nilai minimum yang ditentukan tersebut, kombinasi produk berdasarkan nilai support terbaik dapat dilihat pada gambar berikut:

Premises	Conclusion	Support ↓	Confidence
Bn-500y	Knc-hias-bsr	0.500	0.714
Bn-500y	Rit-ykk-15cm-	0.500	0.714
Knc-hias-bsr	Bn-500y	0.500	1
Rit-ykk-15cm-	Bn-500y	0.500	1
Hak-biasa	rit-kcc-25cm	0.500	1

Gambar 7. Kombinasi 2 produk terbaik  
Penjelasan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Jika konsumen membeli Benang 500 yard, maka konsumen juga membeli Kancing Hias Besar dengan nilai

support sebesar 50% dan nilai Confidence sebesar 71%.

2. Jika konsumen membeli Benang 500 yard, maka konsumen juga membeli Rit Ykk 15cm dengan nilai support sebesar 50% dan nilai Confidence sebesar 71%.
3. Jika konsumen membeli Hak biasa, maka konsumen juga membeli Rit Kcc 25cm dengan nilai support sebesar 50% dan nilai Confidence sebesar 100%.

Premises	Conclusion	Support ↓	Confidence
Hak-biasa	Bn-500y, Rit-ykk-15cm-	0.400	0.800
Rit-ykk-15cm-	Bn-500y, Hak-biasa	0.400	0.800
Bn-500y, Rit-ykk-15cm-	Hak-biasa	0.400	0.800
Hak-biasa	Bn-500y, rit-kcc-25cm	0.400	0.800
rit-kcc-25cm	Bn-500y, Hak-biasa	0.400	0.800

Gambar 8. Kombinasi 3 produk terbaik  
Penjelasan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Jika konsumen membeli Hak biasa, maka konsumen juga membeli Benang 500 Yard dan juga Rit Ykk 15cm dengan nilai support sebesar 40% dan nilai Confidence sebesar 80%.
2. Jika konsumen membeli Hak biasa, maka konsumen juga membeli Benang 500 Yard dan juga Rit Kcc 25cm dengan nilai support sebesar 40% dan nilai Confidence sebesar 80%.



Premises	Conclusion	Support ↓	Confidence
Hak-biasa	Bn-500y, Rit-ykk-15cm-, rit-kcc-25cm	0.400	0.800
Rit-ykk-15cm-	Bn-500y, Hak-biasa, rit-kcc-25cm	0.400	0.800
Bn-500y, Rit-ykk-15cm-	Hak-biasa, rit-kcc-25cm	0.400	0.800
rit-kcc-25cm	Bn-500y, Hak-biasa, Rit-ykk-15cm-	0.400	0.800
Hak-biasa, rit-kcc-25cm	Bn-500y, Rit-ykk-15cm-	0.400	0.800

Gambar 9. Kombinasi 4 produk terbaik  
Penjelasan dari gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Jika konsumen membeli Hak biasa, maka konsumen juga membeli Benang 500 Yard, Rit Ykk 15cm, dan juga Rit Kcc 25cm dengan nilai support sebesar 40% dan nilai Confidence sebesar 80%.

Pada nilai-nilai minimum yang ditentukan, maka algoritma asosiasi menghasilkan 233 rules. Rules dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

```

AssociationRules
Association Rules
[Bn-500y] --> [Hak-biasa] (confidence: 0.571)
[Bn-500y] --> [rit-kcc-25cm] (confidence: 0.571)
[Bn-500y] --> [Hak-biasa, Rit-ykk-15cm-] (confidence: 0.571)
[Bn-500y] --> [Hak-biasa, rit-kcc-25cm] (confidence: 0.571)
[Bn-500y] --> [Rit-ykk-15cm-, rit-kcc-25cm] (confidence: 0.571)
[Bn-500y] --> [Hak-biasa, Rit-ykk-15cm-, rit-kcc-25cm] (confidence: 0.571)
[Hak-biasa] --> [Knc-hias-bsr] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Hak-biasa] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Rit-ykk-15cm-] (confidence: 0.600)
[Rit-ykk-15cm-] --> [Knc-hias-bsr] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [rit-kcc-25cm] (confidence: 0.600)
[rit-kcc-25cm] --> [Knc-hias-bsr] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Kapas-jepang] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Knc-hem-4-motif] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Knc-hem-4-polos] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Knc-jamur] (confidence: 0.600)
[Hak-biasa] --> [Bn-500y, Knc-hias-bsr] (confidence: 0.600)
[Knc-hias-bsr] --> [Bn-500y, Hak-biasa] (confidence: 0.600)
[Bn-500y, Knc-hias-bsr] --> [Hak-biasa] (confidence: 0.600)

```

Gambar 10. Association Rules

## SIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Algoritma FP-Growth dapat di implementasikan pada Toko perlengkapan konveksi Sri Busana. Pernyataan tersebut dapat dibuktikan dengan kombinsai produk

yang dihasilkan, yaitu dari kombinsai 2 produk hingga 4 produk dengan tingkat support minimal 30% dan confidence minimal 50%. Hasil dari penelitian ini berupa kombinasi produk terbaik yang ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Kombinasi Produk

2 Produk	Hak biasa, Rit Kcc 25cm
3 Produk	Hak biasa, Benang 500 Yard, Rit Ykk 15cm
4 Produk	Hak biasa, Benang 500 Yard, Rit Ykk 15cm, Rit Kcc 25cm

### Saran

Penelitian ini menggunakan data transaksi yang ada pada aplikasi penjualan Toko Sri Busana. Data yang tersedia masih banyak mengalami duplikat data khususnya pada bagian nama barang yang memiliki nama berbeda tetapi memiliki makna yang sama. Hal ini dikarenakan pada struktur database aplikasi penjualan tersebut belum dilakukan normalisasi pada tabel-tabel database. Sehingga perlu waktu yang lebih panjang dalam menyiapkan data yang benar-benar unik.

Solusi dari permasalahan tersebut adalah memberi saran kepada owner toko untuk melakukan restrukturisasi dan normalisasi database untuk ketepatan hasil penelitian selanjutnya yang tentu lebih akurat mengikuti pola pembelian



konsumen, baik kombinasi produk maupun kombinasi produk dengan waktu pembelian atau jam pembelian. Hal ini akan lebih membantu penjualan toko jika memiliki jam buka toko yang lebih panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (2018). Rekomendasi Paket Produk Guna Meningkatkan Penjualan Dengan Metode FP-Growth. In *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika* (Vol. 21, Issue 1).
- Han, J., Pei, J., & Yin, Y. (2000). *Mining Frequent P patterns without Candidate Generation*.
- Hidayat, A. A., Rahman, A., Wangi, R. M., Abidin, R. J., Fuadi, R. S., & Budiawan, W. (2019). Implementation and comparison analysis of apriori and fp-growth algorithm performance to determine market basket analysis in Breiliant shop. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(7).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/7/077031>
- Lin, K. W., & Lo, Y. C. (2013). Efficient algorithms for frequent pattern mining in many-task computing environments. *Knowledge-Based Systems*, 49, 10–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.knsys.2013.04.004>
- Mustakim, Herianda, D. M., Ilham, A., Daeng Gs, A., Laumal, F. E., Kurniasih, N., Iskandar, A., Manulangga, G., Indra Iswara, I. B. A., & Rahim, R. (2018). Market Basket Analysis Using Apriori and FP-Growth for Analysis Consumer Expenditure Patterns at Berkah Mart in Pekanbaru Riau. *Journal of Physics: Conference Series*, 1114(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012131>
- Nugroho Susanto Putro, A., & Indra Gunawan, R. (n.d.). *Implementasi Algoritma FP-Growth untuk Strategi Pemasaran Ritel Hidroponik (Studi Kasus : PT. HAB)*.
- Sulastrri, H., & Gufroni, A. I. (2017). PENERAPAN DATA MINING DALAM PENGELOMPOKAN PENDERITA THALASSAEMIA. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2), 299–305.  
<https://doi.org/10.25077/teknosi.v3i2.2017.299-305>
- Wahana, A., Maylawati, D. S., Irfan, M., & Effendy, H. (2018). Supply chain management using fp-growth algorithm for medicine distribution. *Journal of Physics: Conference*

*Series, 978(1).*

<https://doi.org/10.1088/1742->

6596/978/1/012018