

Penerapan Algoritma Greedy dan Dynamic Programming dalam Perencanaan Transfer Pemain Sepak Bola

Marvin Scifo Y. Hutahaean - 13522110

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung
E-mail (gmail): scifohutahaean@gmail.com

Abstract—Dalam 1 musim, klub-klub sepak bola diperbolehkan untuk melakukan transaksi akan berbagai pemain yang dimiliki atau yang ingin dimiliki. Namun, perlu perencanaan yang baik agar bursa transfer yang dijalaninya dikatakan sebagai sukses. Oleh karena itu, beberapa algoritma bisa digunakan untuk membantu klub-klub dalam menentukan pemain-pemain apa saja yang bagus dengan mengikuti anggaran, prioritas posisi, umur, dll. Algoritma yang akan digunakan dalam makalah ini adalah Greedy dan *Dynamic Programming*. Greedy melibatkan pengambilan solusi ekstrim lokal setiap langkahnya dan memastikan bahwa hanya akan ada satu solusi saja sedangkan *Dynamic Programming* melibatkan pengambilan solusi dan penyimpanan solusi tersebut dalam sebuah tabulasi agar kalkulasi tidak perlu lagi dilakukan dan algoritma ini bisa membuat lebih dari satu solusi. Dalam makalah ini juga akan dijelaskan algoritma yang terbaik untuk menyelesaikan masalah ini.

Keywords: *Greedy, Dynamic Programming, Transfer, Sepak Bola*

I. PENDAHULUAN

Dalam sebuah institusi permainan sepak bola, pemain adalah salah satu komponen yang paling penting dan vital dalam permainan tersebut. Setiap 6 bulan, bursa transfer diadakan agar klub-klub sepak bola bisa melakukan pembelian atau penjualan pemain-pemain yang diregistrasi oleh institusi sepak bola yang bersangkutan. Setiap pemilik klub memiliki anggaran yang bisa digunakan oleh mereka untuk membeli pemain yang diinginkan dan juga bisa menjual pemain untuk menambah anggaran mereka. Namun, banyak hal yang harus dipertimbangkan agar pemain-pemain yang klub-klub sepak bola tersebut jual atau beli bisa membawa pengaruh yang baik pada klub-klub yang bersangkutan.

Algoritma Greedy adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan optimisasi. Algoritma ini berfokus pada sebuah nilai ekstrim yang akan digunakan setiap langkah-langkahnya. Jadi algoritma ini mengambil langkah atau keputusan yang cepat meskipun langkah yang diambil tersebut bukanlah yang paling optimal dan yang terbaik. Hal ini bisa terjadi karena tidak seperti algoritma yang lain, Greedy tidak bisa melakukan runut-balik (*backtrack*). Karena Greedy tidak bisa melakukan *backtrack*, apapun konsekuensi dari keputusan yang dilakukan oleh algoritma tersebut, harus ditanggung karena

keputusan tersebut final. Greedy belum tentu optimal karena terdapat solusi-solusi lainnya yang tidak diperiksa yang memiliki kemungkinan bahwa solusi tersebut adalah solusi optimal.

Algoritma Program Dinamis (*Dynamic Programming*) adalah algoritma yang juga digunakan untuk menyelesaikan sebuah persoalan optimisasi. Algoritma ini dilakukan dengan cara memecah masalah-masalah kompleks menjadi berbagai submasalah yang lebih sederhana. *Dynamic Programming* menggunakan prinsip submasalah yang tumpang tindih yang artinya submasalah yang sama bisa muncul berulang kali ketika mencari solusi dari masalah-masalah yang lebih besar dan struktur suboptimal yang artinya solusi optimal dari masalah besar yang merupakan hasil rekonstruksi dari semua solusi optimal yang berasal dari submasalah tersebut. *Dynamic Programming* menggunakan tabulasi sebagai tempat untuk menyimpan hasil submasalah agar saat melakukan kalkulasi akan masalah-masalah lain, program bisa menggunakan hasil tabulasi tersebut untuk menyelesaikan masalah tersebut dan tidak perlu mencari solusinya lagi. Hal ini dilakukan agar algoritma bisa menjadi semakin efisien.

Penelitian ini dilakukan untuk memeriksa seberapa efektif algoritma Greedy dan *Dynamic Programming* dalam menyelesaikan permasalahan transfer pemain dalam permainan sepak bola. Diharapkan dengan anggaran yang ada, algoritma-algoritma bisa digunakan untuk memberikan strategi transfer yang terbaik agar bisa memberikan pengaruh yang baik bagi klub-klub bola. Strategi ini memang belum tentu menjadi solusi yang terbaik, bagi klub-klub bola karena masih banyak pertimbangan yang harus diperhatikan dalam bursa transfer tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Greedy

Algoritma Greedy adalah algoritma yang populer untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mencari solusi paling optimal. Dalam persoalan mencari solusi paling optimal, jenisnya hanya ada dua yaitu maksimasi (*maximization*) dan minimasi (*minimization*). Contoh-contoh persoalan optimisasi adalah

1. *Coin exchange problem*
2. *Fractional Knapsack problem*
3. Huffman coding

Algoritma ini bisa dikategorikan sebagai algoritma yang memecahkan persoalan langkah demi langkah sedemikian rupa sehingga, pada setiap langkah:

1. Algoritma mengambil pilihan yang terbaik yang dapat diperoleh pada saat itu tanpa memperhatikan konsekuensi ke depan dan mengikuti prinsip “*take what you can get now!*”;
2. Algoritma ini juga diharapkan ketika memilih solusi yang berupa optimum lokal pada setiap langkah, solusi optimum global bisa didapat

Pada algoritma greedy, ada beberapa elemen yang perlu diperhatikan agar algoritma greedy bisa dijalankan dengan baik dan tidak melanggar aturan dari algoritma greedy itu sendiri.

1. Himpunan kandidat, C : berisi kandidat yang akan dipilih pada setiap langkah (misal: simpul/sisi di dalam graf, job, task, koin, benda, karakter, dsb)
2. Himpunan solusi, S : berisi kandidat yang sudah dipilih
3. Fungsi solusi: menentukan apakah himpunan kandidat yang dipilih sudah memberikan solusi
4. Fungsi seleksi (*selection function*): memilih kandidat berdasarkan strategi *greedy* tertentu. Strategi *greedy* ini bersifat heuristik
5. Fungsi kelayakan (*feasible*): memeriksa apakah kandidat yang dipilih dapat dimasukkan ke dalam himpunan solusi (layak atau tidak)
6. Fungsi obyektif: memaksimumkan atau meminimumkan

Berdasarkan elemen-elemen yang digunakan dalam algoritma greedy, dapat disimpulkan bahwa algoritma greedy melibatkan pencarian sebuah himpunan bagian, S , dari himpunan kandidat, C ; yang dalam hal ini, S harus memenuhi beberapa kriteria yang ditentukan, yaitu S menyatakan suatu solusi dan S dioptimisasi oleh fungsi obyektif.

Perlu diketahui bahwa greedy tidak bisa melakukan runut balik sehingga setiap langkah algoritma terpaksa terus-menerus mengambil solusi optimum lokal. Hanya karena solusi optimum lokal selalu diambil, bukan berarti solusi optimum global akan selalu didapat. Solusi yang didapat kemungkinan hanyalah sub-optimum atau pseudo-optimum. Alasannya adalah sebagai berikut.

1. Algoritma greedy tidak beroperasi secara menyeluruh terhadap semua kemungkinan solusi yang ada (sebagaimana pada metode *exhaustive search*)
2. Terdapat beberapa fungsi SELEKSI yang berbeda, sehingga kita harus memilih fungsi yang tepat jika kita ingin algoritma menghasilkan solusi optimal.

B. Dynamic Programming

Program Dinamis atau *Dynamic Programming* adalah metode optimasi lain yang berupa metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan tahapan (*stage*) yang dibuat sedemikian sehingga solusi persoalan dapat dipandang sebagai serangkaian keputusan yang saling berkaitan. Pada konteks ini, kata “program” tidak ada kaitannya dengan pemrograman dan istilah “dinamis” muncul karena pencarian solusinya melakukan perhitungan dengan menggunakan metode tabulasi yang seiring berjalannya algoritma, table tersebut akan selalu berkembang. Sama seperti algoritma greedy, *Dynamic Programming* bisa digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan optimasi yang berupa maksimasi atau minimasi. Perbedaan dari kedua algoritma adalah sebagai berikut.

1. Greedy : Setiap langkahnya hanya menghasilkan satu rangkaian keputusan
2. Program dinamis : Setiap langkahnya bisa menghasilkan lebih dari satu rangkaian keputusan

Dalam *Dynamic Programming*, prinsip optimalitas digunakan. Prinsip optimalitas adalah jika solusi total optimal, bagian solusi sampai tahap ke- k jugalah optimal. Prinsip optimalitas berarti bahwa kita bekerja dari tahap k ke $k+1$, kita dapat menggunakan hasil optimal dari tahap k tanpa harus kembali ke tahap awal. Jika divisualisasikan, ongkos pada tahap $k+1$ bisa disamakan dengan ongkos yang dihasilkan pada tahap k ditambah dengan ongkos dari tahap k ke tahap $k+1$ atau $c_{k,k+1}$. *Dynamic Programming* mempunyai berbagai karakteristik sebagai berikut.

1. Persoalan dapat dibagi menjadi beberapa tahap yang pada setiap tahap hanya diambil satu keputusan
2. Masing-masing tahap terdiri dari sejumlah status yang berhubungan dengan tahap tersebut. Secara umum, status merupakan bermacam kemungkinan masukan yang ada pada suatu tahap
3. Hasil dari keputusan yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan dari status yang bersangkutan ke status berikutnya pada tahap berikutnya
4. Ongkos (*cost*) pada suatu tahap meningkat secara teratur (*steadily*) dengan bertambahnya jumlah tahapan
5. Ongkos pada suatu tahap bergantung pada ongkos tahap-tahap yang sudah berjalan dan ongkos dari tahap tersebut ke tahap berikutnya
6. Adanya hubungan rekursif yang mengidentifikasi keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap k memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap $k+1$
7. Prinsip optimalitas berlaku pada persoalan tersebut

Dynamic Programming memiliki dua pendekatan yang perlu digunakan.

1. Program dinamis maju (*forward* atau *up-down*)
Perhitungan yang dilakukan dari tahap $1, 2, \dots, n-1, n$
2. Program dinamis mundur (*backward* atau *bottom-up*)

Perhitungan yang dilakukan dari tahap $n, n-1, \dots, 2, 1$

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk menjalankan algoritma program dinamis adalah sebagai berikut.

1. Karakteristikan struktur solusi optimal (tahap, variabel keputusan, status, dsb)
2. Definisikan secara rekursif nilai solusi optimal dengan hubungan nilai optimal suatu tahap dengan tahap sebelumnya
3. Hitung nilai solusi optimal secara maju atau mundur dengan menggunakan table
4. Rekonstruksi solusi optimal secara mundur jika diperlukan

C. Transfer Pemain

Setiap 6 bulan, klub-klub bola yang diregistrasi oleh Fédération Internationale de Football Association (FIFA) diperbolehkan membeli pemain dari klub-klub lain atau menjual pemain ke klub-klub lain. Kegiatan seperti ini boleh dilakukan selama 1 bulan dan biasa disebut dengan bursa transfer dan sebutan pembelian atau penjualan pemain dari atau ke klub-klub lain disebut juga dengan transfer pemain.

Karena bursa transfer terjadi setiap 6 bulan, dalam 1 musim, klub-klub biasanya diberikan waktu untuk melakukan transfer selama 2 kali. Berikut adalah jenis dari bursa transfer yang ada setiap musimnya.

1. Bursa Transfer Musim Panas (*Summer Transfer Window*): Terjadi ketika musim sudah selesai yaitu diantara bulan Juli sampai Agustus dan memberi kesempatan bagi klub untuk memperkuat skuad-skuad mereka untuk musim depan.
2. Bursa Transfer Musim Dingin (*Winter Transfer Window*): Terjadi ketika musim sudah setengah jalan. Bursa transfer ini biasanya terjadi di bulan Januari dan memberikan klub-klub bola untuk memperkuat skuad mereka untuk menyelesaikan musim mereka dengan maksimal.

Setiap pemain mempunyai nilai pasarnya masing-masing dan nilai pasar biasanya menjadi fondasi bagi klub-klub sepak bola untuk membuat tawaran pada klub sepak bola yang memiliki pemain tersebut. Banyak jenis-jenis tawaran yang bisa dilakukan oleh klub-klub sepak bola untuk mendapatkan pemain yang diinginkan dan jenis-jenisnya adalah sebagai berikut.

1. Transfer Permanen (*Permanent Transfers*)

Pemain melakukan perpindahan secara perpindahan ke klub baru dengan kontrak yang bersifat permanen. Klub yang membeli diwajibkan membayar mahar transfer sesuai dengan perjanjian dengan klub yang menjual. Pemain yang pindah tersebut tidak akan lagi di dalam efek kontrak klub lamanya dan di dalam efek kontrak barunya.

2. Peminjaman (*Loans*)

Pemain melakukan perpindahan secara sementara yang berkisar antara setengah atau 1 musim. Biaya

peminjaman, pembayaran gaji bersama, opsi atau kewajiban membeli setelah peminjaman selesai bisa dijadikan komponen dari persetujuan peminjaman antara dua klub.

3. Transfer Gratis (*Free Transfers*)

Ketika kontrak pemain sudah habis masanya, pemain mempunyai hak untuk pindah ke klub lain tanpa biaya transfer. Klub yang ingin mendapatkan pemain tersebut hanya perlu mengurus gaji dia dan kemungkinan mengurus biaya agen pemain tersebut juga. Pemain-pemain gratis seperti ini bisa disebut juga dengan *free agents*.

4. Pertukaran Pemain (*Swap Deals*)

Kedua klub bisa menukar pemain yang mereka punya dan salah satu klub juga bisa memberi biaya tambahan jika dirasa pemain yang didapat lebih berharga daripada pemain yang dijual mereka.

Transfer pemain bukanlah proses yang sederhana. Ada banyak proses-proses yang perlu dilakukan agar sebuah transfer bisa dikatakan berhasil.

1. Identifikasi Pemain

Klub-klub bola melihat target-target pemain yang ingin mereka beli berdasarkan kemampuan, umur, harga, dan posisi yang dibutuhkan.

2. Negosiasi

Klub melakukan negosiasi akan biaya transfer yang bisa ditentukan oleh panjang kontrak pemain, umur, performa, dan keinginan klub-klub lain untuk membeli pemain tersebut. Diharapkan kedua klub bisa menemukan kesepakatan akan biaya transfer agar pemain bisa dibeli.

3. Tes Medis

Sebelum melakukan finalisasi akan transfer pemain, pemain yang dibeli harus melakukan tes medis untuk memastikan pemain yang dibeli sehat secara jasmani dan tidak terdapat penyakit-penyakit atau cedera-cidera berbahaya yang ada pada pemain.

4. Tanda Tangan Kontrak dan Registrasi

Pemain menandatangani kontrak baru dan dengan itu dia secara resmi menjadi pemain baru dari klub yang membelinya. Pemain diregistrasi dengan klub yang membeli tersebut agar bisa bermain dengan klub tersebut secara resmi.

5. Pengumuman

Setelah semuanya selesai, klub-klub bola melakukan pengumuman akan transfer pemain baru mereka ke publik baik melalui media sosial atau media-media komunikasi lainnya.

Klub-klub yang ingin membeli pemain perlu memerhatikan banyak aspek finansial seperti biaya transfer yang disetujui oleh 2 klub, gaji dan bonus yang bisa didapat oleh pemain yang bersangkutan, biaya agen yang membantu pemain

menyelesaikan transfer tersebut, biaya klausa pelepasan yang merupakan biaya yang diperlukan oleh klub jika ingin memastikan klub yang menjual tidak bisa menolak penjualan dari pemain tersebut kecuali pemain tersebut tidak mau meninggalkan klub yang bersangkutan tersebut.

D. Teori Ekonomi

Teori ekonomi memberikan kerangka komprehensif untuk memahami bagaimana perekonomian beroperasi, bagaimana sumber daya dialokasikan, dan bagaimana berbagai agen ekonomi berinteraksi. Dengan mengkaji perilaku mikroekonomi, agregat makroekonomi, dinamika perdagangan internasional, tantangan pembangunan, dan wawasan perilaku, teori ekonomi membantu pembuat kebijakan dunia usaha, dan individu membuat keputusan yang tepat untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi dan mengatasi masalah ekonomi yang kompleks. Teori-teori ini terus berkembang, menggabungkan data dan wawasan baru untuk menjelaskan dan memprediksi fenomena ekonomi dengan lebih baik di dunia yang terus berubah. Berikut adalah komponen-komponen yang penting di teori ekonomi.

1. Mikroekonomi

Mikroekonomi berfokus pada apa yang terjadi pada sebuah komponen ekonomi secara individual seperti konsumen, pekerja, dll dan bagaimana kegiatan-kegiatan mereka bisa menentukan harga, produksi dan distribusi barang dan jasa. Mikroekonomi menggunakan konsep-konsep sebagai berikut.

a. Supply and Demand

Semakin banyak barang-barang bisa dijual dengan harga-harga yang beragam, semakin banyak juga permintaan pembeli akan barang tersebut. Dalam konteks transfer pemain, semakin baik performa seorang pemain, semakin banyak juga klub-klub sepak bola yang ingin menggaet dia dan klub yang menjual bisa mendapatkan keuntungan yang besar dari pemain tersebut jika dijual dengan harga yang sesuai.

b. Consumer Behavior

Terdiri dari *utility* (pengukuran kepuasan pelanggan), *marginal utility* (kepuasan tambahan), dan *budget constraint* (batas konsumsi). Dalam konteks sepak bola, kepuasan pelanggan bisa dihitung oleh performa seorang pemain setelah dibeli oleh klub tersebut dan bisa lebih puas lagi jika dari tempat yang sama klub bisa terus mendapatkan pemain-pemain yang bagus. *Budget Constraint* bisa dikaitkan oleh *budget* yang dimiliki oleh klub saat bursa transfer tersebut.

c. Market Structures

Dalam konteks sepak bola, konsep *Perfect Competition* digunakan karena dalam bursa transfer, komponen yang biasa dijual hanyalah pemain sepak bola atau untuk beberapa kasus pelatih sepak bola. Bursa transfer biasanya tidak didominasi oleh klub penjual tetapi oleh klub

pembeli dan harga-harga pemain tetap bisa diatur oleh semua klub bahkan klub kecil jika pemainnya memang seorang yang bertalenta dan generasional.

2. Makroekonomi

Makroekonomi berfokus kepada ekonomi secara keseluruhan

a. Inflasi

Semakin mahal pemain yang dibeli oleh sebuah klub, biasanya pemain-pemain lainnya juga ikut naik harga pasarnya

b. Kebijakan Moneter

Untuk menjaga *fair play*, FIFA memiliki kebijakan yang bernama Financial Fair Play (FFP) yang membatasi anggaran klub-klub dengan faktor tertentu agar klub-klub lain tidak terus menerus dikalahkan oleh pasar di FIFA

III. IMPLEMENTASI

Pada implementasi ini, ada beberapa hal yang perlu dibatasi karena konsiderasi dalam membeli pemain sepak bola sangatlah banyak. Hal-hal yang akan diperhatikan dalam menentukan pemain bola adalah sebagai berikut.

1. Umur (U)
2. Posisi (Po)
3. Performa (Pe) [Diambil dari Overall Rating EA FC 24]
4. Biaya Transfer (Bt) [Diambil dari www.transfermarkt.com/]
5. Biaya Agen (Ba)
6. Anggaran (An)

A. Penentuan Formula Untuk Mencari Cost

Sebelum melakukan penentuan akan pemain mana saja yang akan dibeli, formula perlu dibuat agar semua kriteria yang disebutkan sebelumnya (Umur, Posisi, dll) dipertimbangkan dan tidak hanya memprioritaskan satu hal saja.

Terdapat banyak formula yang bisa digunakan untuk mencari nilai optimal dari pencarian pemain sepak bola yang terbaik. Untuk kasus ini, formula yang digunakan adalah Multi-criteria decision-making (MCDM). MCDM melibatkan melakukan evaluasi dan memilih alternatif berdasarkan beberapa kriteria. Salah satu pendekatan dalam MCDM adalah Weighted Sum Model dengan formula sebagai berikut.

$$A_i = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij} \text{ for } i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (1)$$

1. A_i adalah nilai keseluruhan ke-i
2. w_j adalah beban dari kriteria ke j
3. a_{ij} adalah performa alternatif i dari kriteria ke j
4. n adalah jumlah kriteria

Beginilah cara-cara untuk mencari kriteria dengan menggunakan Weighted Sum Model.

1. Identifikasi kriteria

Kriterianya adalah umur, performa pemain, biaya transfer, biaya agen. Posisi pemain akan menjadi skala prioritas dalam menentukan pemain-pemain apa saja yang akan dibeli.

2. Mencari beban pada kriteria

Dalam mencari beban pada kriteria, kepentingan dari kriteria ini bisa ditentukan sendiri. Hal yang terpenting adalah jumlah dari semua kriteria ini harus bertotal 1. Beginilah contoh dari perhitungan total beban.

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1 \quad (2)$$

3. Menilai alternatif

Untuk mencari variabel a pada rumus Weighted Sum Model, nilai norm perlu dicari dengan rumus dibawah ini.

$$norm = \frac{|N - Min|}{Max - Min} \quad (3)$$

4. Hitung skor

Sebelum menghitung skor, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. *Budget Constraint* perlu diperhatikan agar pemain-pemain yang dibeli tidak melebihi anggaran yang diberikan dan tidak melanggar Financial Fair Play (FFP) yang ditentukan oleh FIFA. Gunakan rumus (1) untuk menghitung total skor yang dimiliki dan pastikan tidak melebihi anggaran yang dimiliki.

5. Mengurutkan alternatif

Setiap prioritas posisi yang ditentukan, carilah pemain dengan nilai yang paling optimal baik dengan menggunakan algoritma greedy atau *dynamic programming*.

B. Perencanaan Strategi Transfer Pemain dengan Algoritma Greedy

Untuk merencanakan transfer pemain dengan menggunakan algoritma greedy. Elemen-elemen fundamental dari algoritma greedy perlu ditentukan.

1. Himpunan kandidat: himpunan pemain bola yang diregistrasi oleh FIFA
2. Himpunan solusi: himpunan pemain bola yang dijadikan target oleh klub yang ingin membeli pemain tersebut
3. Fungsi solusi: memeriksa jika pemain bola yang ada legal untuk dilakukan transfer
4. Fungsi seleksi: pilih pemain yang nilai Weighted Sum-nya yang tertinggi

5. Fungsi kelayakan: memeriksa jika pemain yang dipilih jumlah biaya transfer-nya tidak melebihi anggaran yang ditentukan oleh klub yang bersangkutan
6. Fungsi objektif: Jumlah pemain yang diperlukan dalam bursa transfer

Setelah semuanya ditentukan, algoritma greedy bisa dijalankan untuk mendapatkan pemain yang diinginkan. Beginilah tahapan-tahapan yang bisa dilakukan untuk mencari pemain yang diinginkan sesuai aturan algoritma greedy.

1. Menentukan prioritas pemain yang diinginkan. Contohnya adalah 1 Striker, 1 Left Winger, 2 Gelandang Tengah, 1 Bek Kanan. Artinya himpunan kandidat pada tahap pertama adalah himpunan pemain yang merupakan striker lalu left winger lalu 2 gelandang tengah, dll.
2. Pastikan setelah memilih seorang pemain, pemain yang dipilih tersebut tidak bisa lagi dipilih karena diasumsikan sudah dijadikan target.
3. Pada tahap pertama, diasumsikan prioritas pertama adalah striker jadi semua pemain striker diidentifikasi kriterianya dan dihitung dengan menggunakan Weighted Sum Model.
4. Setelah dihitung, carilah skor yang paling besar dari alternatif-alternatif yang ada sehingga mengikuti fungsi seleksi yang sudah ditentukan.
5. Setelah alternatif dipilih, lanjutlah ke prioritas transfer yang selanjutnya.
6. Lakukan sampai semua pemain-pemain dicari atau budget transfer yang dimiliki sudah habis.

Sama seperti pada umumnya, algoritma greedy belum tentu akan memberikan solusi yang paling optimal karena setiap tahapannya hanya akan mencari solusi optimal yang lokal dan bukan secara global. Kemungkinan solusi yang lain memberikan pemain yang lebih banyak atau pemain yang lebih baik secara keseluruhan dan bukan pemain prioritas saja.

C. Perencanaan Strategi Transfer Pemain dengan Dynamic Programming

Untuk merencanakan transfer pemain dengan menggunakan *Dynamic Programming*, ada beberapa tahapan yang perlu diperhatikan untuk mengerjakannya.

1. Tentukan pendekatan *Dynamic Programming*

Pada kasus ini, pendekatan yang digunakan adalah program dinamis maju.

2. Karakteristik dari struktur solusi optimal

Misalkan x_1, x_2, \dots, x_n adalah pemain-pemain yang akan dipilih untuk dijadikan target transfer dengan n merepresentasikan jumlah pemain yang akan dibeli. Karena pendekatan yang digunakan adalah program dinamis maju, rute yang dilalui adalah $x_1 \rightarrow x_{n+1} = \text{len}(x_{n+1})$.

3. Definisikan secara rekursif nilai solusi optimal

Lakukan pendefinisian akan relasi rekurens yang akan digunakan untuk menentukan solusi optimal dari pencarian pemain sepak bola.

$$f_1(s) = A_{x_1,s} \quad (4)$$

$$f_k(s) = \min\{f_{k-1}(x_k) + A_{x_k,s}\} \quad (5)$$

Keterangan:

- a. (4) : Fungsi basis
- b. (5) : Fungsi rekurens
- c. x_k : peubah keputusan setiap tahap k
- d. s : status pada setiap tahap
- e. $c_{x_k,s}$: bobot (cost) sisi dari ke x_k ke s
- f. $f_k(s)$: nilai minimum dari $f_k(x_k, s)$
- g. $f_{k-1}(x_k)$: nilai minimum tahap sebelumnya dari x_k ke s

4. Hitung nilai solusi optimal secara maju

Dengan menggunakan rumus yang sudah didefinisikan, cari nilai solusi yang paling optimal dari submasalah kecil sampai ke masalah-masalah yang lebih besar.

5. Rekonstruksi solusi optimal

Lakukan rekonstruksi akan solusi-solusi yang didapat dari submasalah-submasalah yang ada dan lakukan operasi (biasanya penjumlahan) dari semua angka-angka yang ada sehingga

sehingga keputusan apapun yang dilakukan adalah final dan hanya bisa melakukan keputusan selanjutnya saja. Dynamic Programming: Solusi *Dynamic Programming* bisa lebih dari 1. *Dynamic Programming* memerhatikan solusi-solusi yang berasal dari submasalah-submasalah sebelumnya

3. Kompleksitas implementasi

Greedy: Algoritma greedy lebih mudah diimplementasikan karena logikanya yang selalu ke depan

Dynamic Programming: *Dynamic Programming* lebih kompleks karena masalah-masalah seperti ini perlu dipecah menjadi submasalah yang lebih kecil.

4. Fleksibilitas

Greedy: Hanya menelusuri satu solusi saja tanpa melakukan runut balik

Dynamic Programming: Menelusuri banyak solusi dan melakukan runut balik

5. Utilisasi penyimpanan

Greedy: Hanya disimpan di sebuah array yang merepresentasikan daftar solusi

Dynamic Programming: Memerlukan tabel untuk menyimpan hasil-hasil submasalah yang didapat sebelumnya

E. Implementasi dalam Program

Untuk menyelesaikan masalah seperti ini, Algoritma Greedy dan *Dynamic Programming* bisa digunakan. Bahasa pemrograman yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah ini adalah C#. Karena akan berkitik soal database, SQL juga akan digunakan dalam implementasi berbasis program ini. Untuk menghubungkan SQL ke C#, akan digunakan kaskas yang bernama SQLite3. SQLite3 bisa memindahkan file-file yang ada di SQL ke C# sehingga data-data yang disimpan bisa digunakan di C#. Program yang akan dibuat berbasis CLI (Command Line Interface) dan menerima masukan-masukan seperti (Jumlah pemain yang dibutuhkan, posisi-posisi dari pemain yang bersangkutan, anggaran yang dimiliki, dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah tersebut (Greedy atau DP)).

Algoritma Greedy digunakan dengan mencari daftar pemain sesuai dengan posisi prioritas yang diinginkan, lalu biaya-biaya yang diperlukan akan dicari dengan menggunakan Weighted Sum Model. Setelah biaya yang diperlukan didapat. Setiap langkah, perlu dilakukan pengecekan akan nilai maksimum. Nilai maksimum lokal yang didapat akan dijadikan salah satu solusi. Hal ini dilakukan terus menerus sampai tidak ada lagi pemain yang bisa diambil karena permintaan sudah habis. Pada algoritma ini, ekspektasi jumlah solusi yang akan didapat akan selalu satu.

Algoritma *Dynamic Programming* digunakan secara rekursif. Basis dari program ini adalah jika saat iterasi index telah mencapai angka negative atau anggaran yang dimiliki sudah habis dan mengembalikan list kosong. Rekurens dari

D. Perbandingan Solusi dari Kedua Algoritma

Setelah menggunakan kedua algoritma yang disebutkan diatas, ada baiknya kedua algoritma tersebut dibandingkan untuk dilihat algoritma mana yang paling cocok untuk menyelesaikan kasus ini. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membandingkan greedy dan *Dynamic Programming*.

1. Kompleksitas algoritma

Greedy: Karena greedy hanya memprioritaskan 1 solusi per langkah, jumlah langkah yang diperlukan untuk mencari solusi ini sama dengan jumlah pemain yang dibutuhkan oleh klub yang bersangkutan dan ini juga ditambah dengan pencarian nilai maksimal dari pemain yang dicari sehingga kompleksitas waktunya adalah $O(n^2)$.

Dynamic Programming: Kompleksitas waktu untuk permasalahan ini adalah $O(V \times E \times L)$ atau $O(n \times m \times L)$. V menandakan jumlah langkah maksimum yang ada dan itu digambarkan akan berapa pemain yang ingin dibeli. E menandakan jumlah pemain yang tersedia di setiap langkahnya dan L adalah berapa panjang program dilakukan.

2. Kualitas Alternatif Solusi

Greedy: Solusi greedy selalu hanya 1. Greedy tidak mempunyai kemampuan untuk melakukan runut-balik

program ini adalah mengambil posisi paling akhir dan lakukan inialisasi list untuk menyimpan semua solusi yang ada lalu mencari solusi sesuai rumus Weighted Sum Model agar bisa dimasukkan ke dalam daftar-daftar solusi yang mungkin. Lakukan juga kalkulasi dari pemain pada setiap posisi yang diminta. Jika pemain tersebut sudah terdapat dalam solusi yang paling baru untuk dioperasikan, tolak solusi tersebut. Pastikan harga dari pemain tidak melebihi anggaran yang sudah disiapkan sebelumnya. Setelah semuanya sudah dioperasikan, dapatkan juga solusinya secara rekursif. Gabungkan solusi-solusi yang didapat sebelumnya agar bisa disimpan dalam sebuah list dari list dari solusi. Metode ini juga mengembalikan list dari list dari semua solusi yang didapat.

Perlu diketahui bahwa kedua metode ini mengimplementasikan antarmuka yang bernama ITraverse. Antarmuka ini memiliki metode yang wajib diimplementasikan oleh kedua kelas yang mengimplementasikan antarmuka ini. Metodanya adalah skema pencarian solusi sehingga algoritma Greedy dan DP diharapkan mengikuti semua instruksi dari antarmuka yang bersangkutan.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Hasil Pengujian

Berikut adalah hasil pengujian dari program yang dibuat. Kasus pengujiannya adalah 3 dari algoritma Greedy dan 3 dari algoritma *Dynamic Programming*. Budget yang dimiliki diasumsikan 200 juta dolar.

1. 1 Striker, 1 Gelandang Tengah, 1 Bek Tengah

<pre>1 Kyllian Mbappe: Rating: 91 Market Value: 180000000 Agents Fee: 9000000 Age: 25 Free Transfer: False Luka Modric: Rating: 87 Market Value: 6000000 Agents Fee: 3000000 Age: 38 Free Transfer: False Raphael Varane: Rating: 85 Market Value: 20000000 Agents Fee: 50000 Age: 31 Free Transfer: True This process is done in 52ms</pre>	<pre>1 Robert Lewandowski: Rating: 90 Market Value: 150000000 Agents Fee: 7500000 Age: 35 Free Transfer: False Kevin De Bruyne: Rating: 91 Market Value: 500000000 Agents Fee: 25000000 Age: 32 Free Transfer: False Ruben Dias: Rating: 89 Market Value: 300000000 Agents Fee: 40000000 Age: 27 Free Transfer: False This process is done in 127ms</pre>
--	---

Gambar 1 – Greedy (kiri) vs DP (kanan) (1 Striker, 1 Gelandang Tengah, 1 Bek Tengah)

2. 4 Striker

<pre>1 Kyllian Mbappe: Rating: 91 Market Value: 180000000 Agents Fee: 9000000 Age: 25 Free Transfer: False Iago Aspas: Rating: 85 Market Value: 3000000 Agents Fee: 150000 Age: 36 Free Transfer: False Ciro Immobile: Rating: 85 Market Value: 4000000 Agents Fee: 200000 Age: 34 Free Transfer: False Kelechi Iheanacho: Rating: 76 Market Value: 12000000 Agents Fee: 50000 Age: 27 Free Transfer: True This process is done in 55ms</pre>	<pre>1 Kyllian Mbappe: Rating: 91 Market Value: 180000000 Agents Fee: 9000000 Age: 25 Free Transfer: False Iago Aspas: Rating: 85 Market Value: 3000000 Agents Fee: 150000 Age: 36 Free Transfer: False Ciro Immobile: Rating: 85 Market Value: 4000000 Agents Fee: 200000 Age: 34 Free Transfer: False Kelechi Iheanacho: Rating: 76 Market Value: 12000000 Agents Fee: 50000 Age: 27 Free Transfer: True This process is done in 447ms</pre>
---	--

Gambar 2 – Greedy (kiri) vs DP (kanan) (1 Striker, 1 Gelandang Tengah, 1 Bek Tengah)

3. 1 Gelandang Tengah, 1 Gelandang Serang, 1 Gelandang Kanan, 1 Bek Kanan

<pre>1 Kevin De Bruyne: Rating: 91 Market Value: 500000000 Agents Fee: 25000000 Age: 32 Free Transfer: False Bruno Fernandes: Rating: 88 Market Value: 700000000 Agents Fee: 35000000 Age: 29 Free Transfer: False Riyad Mahrez: Rating: 86 Market Value: 120000000 Agents Fee: 6000000 Age: 33 Free Transfer: False Giovanni Di Lorenzo: Rating: 85 Market Value: 150000000 Agents Fee: 7500000 Age: 30 Free Transfer: False This process is done in 52ms</pre>	<pre>1 Kevin De Bruyne: Rating: 91 Market Value: 500000000 Agents Fee: 25000000 Age: 32 Free Transfer: False Bruno Fernandes: Rating: 88 Market Value: 700000000 Agents Fee: 35000000 Age: 29 Free Transfer: False Riyad Mahrez: Rating: 86 Market Value: 120000000 Agents Fee: 6000000 Age: 33 Free Transfer: False Giovanni Di Lorenzo: Rating: 85 Market Value: 150000000 Agents Fee: 7500000 Age: 30 Free Transfer: False This process is done in 302ms</pre>
--	---

Gambar 3 – Greedy (kiri) vs DP (kanan) (1 Gelandang Tengah, 1 Gelandang Serang, 1 Gelandang Kanan, 1 Bek Kanan)

B. Analisis

Program akan dibandingkan sesuai dengan cara membandingkan kedua algoritma yang terdapat bab implementasi.

1. Kompleksitas Waktu

Greedy membutuhkan waktu yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan *Dynamic Programming*. Hal ini disebabkan karena kompleksitas waktu dalam Big-O memang lebih besar *Dynamic Programming* ($O(V \times E \times L)$) dibandingkan Greedy ($O(n^2)$). Greedy membutuhkan waktu sekitar 50 ms dan tidak memerhatikan jumlah pemain yang diminta sedangkan *Dynamic Programming* memiliki runtime yang lebih besar jika pemain yang diinginkan menjadi semakin banyak.

2. Alternatif Solusi

Greedy akan selalu mempunyai 1 solusi saja karena Greedy tidak bisa melakukan runut balik dan hanya berfokus kepada nilai ekstrim lokal setiap langkah dilakukan oleh algoritma. *Dynamic Programming* akan selalu memperhatikan semua solusi yang ada sehingga solusi lebih dari 1 adalah kemungkinan yang bisa terjadi. Beginilah contoh dari alternatif solusi yang lebih dari satu.

2	3	4
Ilkay Gundogan:	Leon Goretzka:	Adrien Rabiot:
Rating: 86	Rating: 85	Rating: 84
Market Value: 15000000	Market Value: 30000000	Market Value: 35000000
Agents Fee: 750000	Agents Fee: 1500000	Agents Fee: 500000
Age: 33	Age: 29	Age: 29
Free Transfer: False	Free Transfer: False	Free Transfer: True
Bruno Fernandes:	Bruno Fernandes:	Bruno Fernandes:
Rating: 88	Rating: 88	Rating: 88
Market Value: 70000000	Market Value: 70000000	Market Value: 70000000
Agents Fee: 3500000	Agents Fee: 3500000	Agents Fee: 3500000
Age: 29	Age: 29	Age: 29
Free Transfer: False	Free Transfer: False	Free Transfer: False
Riyad Mahrez:	Riyad Mahrez:	Riyad Mahrez:
Rating: 86	Rating: 86	Rating: 86
Market Value: 12000000	Market Value: 12000000	Market Value: 12000000
Agents Fee: 600000	Agents Fee: 600000	Agents Fee: 600000
Age: 33	Age: 33	Age: 33
Free Transfer: False	Free Transfer: False	Free Transfer: False
Trent Alexander-Arnold:	Trent Alexander-Arnold:	Trent Alexander-Arnold:
Rating: 86	Rating: 86	Rating: 86
Market Value: 70000000	Market Value: 70000000	Market Value: 70000000
Agents Fee: 3500000	Agents Fee: 3500000	Agents Fee: 3500000
Age: 25	Age: 25	Age: 25
Free Transfer: False	Free Transfer: False	Free Transfer: False

Gambar 4 – Alternatif solusi dari kasus pengujian ke-3

3. Kompleksitas Implementasi
Implementasi Greedy sangatlah *straightforward* yaitu mencari solusi setiap langkahnya tanpa harus memerhatikan solusi-solusi lainnya karena Greedy tidak bisa melakukan runut-balik. *Dynamic Programming* perlu memerhatikan solusi-solusi lainnya sehingga skema skema seperti rekursivitas dan tabulasi perlu digunakan untuk menyimpan solusi-solusi apa saja yang pernah digunakan sebelumnya sehingga tidak hanya berfokus pada satu solusi saja. Oleh karena itu, implementasi *Dynamic Programming* itu lebih kompleks dibandingkan implementasi Greedy.
4. Fleksibilitas
Greedy memang hanya akan mengecek 1 solusi saja dan sudah dibuktikan dari hasil pengujian sedangkan *Dynamic Programming* masih ada kemungkinan untuk melakukan backtracking atau penyimpanan solusi submasalah yang lebih kecil jadi bisa mengecek banyak solusi.
5. Utilitas Penyimpanan
Greedy hanya perlu menyimpan 1 solusi saja dan tidak perlu menyimpan informasi-informasi dari langkah sebelumnya. *Dynamic Programming* perlu menyimpan banyak solusi dan harus menyimpan informasi-informasi dari langkah sebelumnya yang biasanya dibuat dalam bentuk 2D Array.

Jika melihat perlakuan-perlakuan tim di bursa transfer. Hal yang paling penting adalah sebuah alternatif. Terkadang klub sepak bola tidak selalu akan mendapatkan pemain optimal yang mereka dapatkan sehingga mereka perlu mencari pemain-pemain lain yang secara realistis masih mereka dapatkan dengan anggaran yang mereka punya. Greedy tidak bisa menyediakan layanan alternatif tersebut sehingga *Dynamic Programming* adalah algoritma yang lebih cocok untuk memberikan perancangan strategi transfer pemain sepak bola. Namun, algoritma inipun juga tidak cukup karena masih banyak pertimbangan yang perlu diperhatikan untuk membuat strategi ini lebih baik. Contohnya adalah.

1. Klub Penjual
2. Catatan Cidera
3. Sisa Kontrak
4. Sikap dan Profesionalitas

5. DII

Ada juga beberapa hal seperti sikap yang memang sulit untuk ditentukan parameter penilaiannya. Pada akhirnya, algoritma ini hanya bisa menjadi pembantu saja dalam menentukan pemain-pemain apa saja yang bisa dibeli dalam sebuah bursa transfer.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian ini, didapat bahwa perencanaan transfer pemain sepak bola bukanlah hal yang mudah bagi klub-klub bola. Oleh karena itu, banyak hal yang perlu dipertimbangkan oleh klub-klub tersebut agar mereka tidak mereka sembarang membeli pemain yang bisa mengakibatkan mereka mendapatkan pemain yang performanya malah kurang saat bermain di klub barunya.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk menentukan pemain yang terbaik untuk dibeli pada bursa transfer tertentu yaitu umur, posisi pemain, performa, biaya transfer, biaya agen, dan anggaran. Terdapat banyak kriteria yang harus diperhatikan jadi ada teknik yang bisa dilakukan untuk bisa memperhitungkan semuanya itu yaitu dengan melakukan Multiple Criteria Decision Making (MCDM). Pada kasus ini, MCDM yang digunakan adalah Weighted Sum Model. Weighted Sum Model yang didapat bisa digunakan sebagai semacam cost yang diperlukan dalam algoritma yang akan dijalankan untuk menentukan perencanaan pemain sepak bola yang terbaik. Algoritma yang digunakan adalah Algoritma Greedy dan Dynamic Programming.

Algoritma Greedy berfokus pada pemain-pemain dengan Weighted Sum Model terbesar sesuai dengan prioritas pemain yang dibelinya. Algoritma *Dynamic Programming* berfokus pada memecahkan masalah pembelian pemain dengan membaginya ke berbagai sub-masalah. Kedua algoritma ini dites dengan membuat program dengan bahasa C# dan database berbasis SQL. Info terkait pemain akan ditentukan dari beberapa sumber yaitu website Transfermarkt untuk menentukan biaya pasar pemain dan website resmi EA FC 2024 untuk menentukan nilai performa pemain tersebut.

Dari kedua algoritma ini, bisa didapat bahwa *Dynamic Programming* akan memberikan alternatif-alternatif yang lebih banyak dibandingkan Greedy. Hal ini disebabkan karena Greedy tidak bisa melakukan runut balik sehingga harus berfokus pada satu solusi saja. Namun, kedua algoritma tetap saja bisa menjadi alat yang bagus untuk menyelesaikan masalah seperti ini.

PENUTUP

Akhir kata, penulis memanjatkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena rahmat, anugerah, dan berkat-Nya, makalah IF2211 Strategi Algoritma ini bisa diselesaikan dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Nur Ulfa Maulidevi, S.T, M.Sc selaku dosen kelas 02 dari IF2211 Strategi Algoritma karena telah memberikan dan menjelaskan materi-materi yang ada terkait Strategi Algoritma dengan baik sehingga saya bisa mendapatkan ide-ide terkait masalah-masalah yang bisa diselesaikan dengan menggunakan strategi-strategi algoritmik

seperti Greedy, *Dynamic Programming*, BFS, dll. Penulis berharap makalah ini bisa menjadi bahan belajar bagi penulis sendiri dan bagi pembaca-pembaca yang ingin eksplorasi terkait transfer permainan sepak bola.

REPOSITORY LINK

<https://github.com/scifo04/Football-Transfer-Strategy>

VIDEO LINK AT YOUTUBE

<https://youtu.be/Du5Nfdrk1Pg>

REFERENCES

- [1] Electronic Arts, 2024. FC 24 Player Ratings. Dilansir dari <https://www.ea.com/en/games/ea-sports-fc/ratings>. Diakses pada tanggal 12 Juni 2024
- [2] Munir, Rinaldi. 2021. Algoritma Greedy (Bagian 1), Informatika. Dilansir dari [https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Greedy-\(2021\)-Bag1.pdf](https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Algoritma-Greedy-(2021)-Bag1.pdf). Diakses pada tanggal 12 Juni 2024
- [3] Munir, Rinaldi. 2021. Program Dinamis (*Dynamic Programming*) Bagian 1, Informatika. Dilansir dari

<https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2020-2021/Program-Dinamis-2020-Bagian1.pdf>. Diakses pada tanggal 12 Juni 2024

- [4] Transfermarkt, 2024. Player Info. Dilansir dari <https://www.transfermarkt.com/>. Diakses pada tanggal 12 Juni 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 12 Juni 2024



Marvin Scifo Y. Hutahaeon 13522110